

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

2  
J1017 U.S. PTO  
09/812553  
03/21/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月22日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-084756

出 願 人

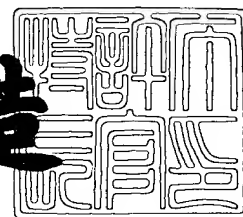
Applicant (s):

ティーディーケイ株式会社

2001年 2月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3010719

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD01244

【提出日】 平成12年 3月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/31

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドの製造方法

【請求項の数】 48

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

    【氏名】 佐々木 芳高

【特許出願人】

    【識別番号】 000003067

    【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

    【代表者】 澤部 肇

【代理人】

    【識別番号】 100109656

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 三反崎 泰司

【代理人】

    【識別番号】 100098785

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 019482

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

【物件名】            要約書    1  
【ブルーフの要否】    要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する第 1 の磁極および第 2 の磁極をそれぞれ含む、互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、これらの 2 つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第 1 の磁極を形成する工程および前記第 2 の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、

磁性材層を成膜する工程と、

前記磁性材層上にマスク前駆体を形成する工程と、

イオンビームエッチングによって、前記マスク前駆体の一部をエッチングしてより狭い幅を有する第 1 のマスクを形成すると同時に前記第 1 のマスクの形成領域以外の領域における前記磁性材層の表面近傍層を部分的にエッチングする第 1 のエッチング工程と、

反応性イオンエッチングによって、前記第 1 のマスクを用いて前記磁性材層をエッチングして前記第 1 の磁極および前記第 2 の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第 2 のエッチング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2】 前記第 1 のエッチング工程において、イオンビームの照射角度を工程の途中において少なくとも 1 回変更する

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3】 前記第 1 のエッチング工程の途中において、

前記磁性材層の延在方向に対して直交する方向と前記イオンビームの照射方向との間の幅方向における角度をより小さい第 1 の角度からより大きい第 2 の角度へ変更する

ことを特徴とする請求項 2 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。



【請求項4】 前記第1のエッチング工程において、  
前記第1の角度を $45 \pm 15$ 度とし、  
前記第2の角度を $75 \pm 15$ 度とする  
ことを特徴とする請求項3記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項5】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する第1の磁極および第2の磁極をそれぞれ含む、互いに磁氣的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、これらの2つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第1の磁極を形成する工程および前記第2の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、

磁性材層を成膜する工程と、

前記磁性材層上にマスク前駆体を形成する工程と、

イオンビームエッチングによって、前記マスク前駆体の一部をエッチングしてより狭い幅を有する第1のマスクを形成する第1のエッチング工程と、

反応性イオンエッチングによって、前記第1のマスクを用いて前記磁性材層をエッチングして前記第1の磁極および前記第2の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第2のエッチング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項6】 前記第1のエッチング工程において、前記磁性材層の延在方向に対して直交する方向から幅方向に $75 \pm 15$ 度の角度をなすような方向からイオンビームを照射する

ことを特徴とする請求項5記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項7】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向すると共に前記記録媒体の記録トラック幅を画定する第1の磁極および第2の磁極をそれぞれ含む、互いに磁氣的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、これらの2つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第1の磁極を形成する工程および前記第2の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、

磁性材層を成膜する工程と、

前記磁性材層上にマスク前駆体を形成する工程と、

イオンビームエッチングによって、前記マスク前駆体を第1のマスクとして用いて、前記マスク前駆体の形成領域以外の領域における前記磁性材層の表面近傍層を部分的にエッチングする第1のエッチング工程と、

反応性イオンエッチングによって、前記マスク前駆体を第1のマスクとして用いて前記磁性材層をエッチングして前記第1の磁極および前記第2の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第2のエッチング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項8】 前記第1のエッチング工程において、前記磁性材層の延在方向に対して直交する方向から幅方向に $45 \pm 15$ 度の角度をなすような方向からイオンビームを照射する

ことを特徴とする請求項7記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項9】 さらに、前記磁性材層を成膜する工程と前記マスク前駆体を形成する工程との間に、前記磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程を含む

ことを特徴とする請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項10】 前記マスク前駆体を形成する工程は、

前記磁性材層上にマスク前駆層を成膜する工程と、

反応性イオンエッチングによって、前記マスク前駆層を選択的にエッチングして前記マスク前駆体を形成する第3のエッチング工程と

を含むことを特徴とする請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項11】 前記第3のエッチング工程において、前記マスク前駆体の平面形状に対応する形状を有する第2のマスクを用いる

ことを特徴とする請求項10記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 12】 前記マスク前駆層上に所定の平面形状を有するフォトリジスト膜パターンを形成し、このフォトリジスト膜パターンを前記第2のマスクとして用いる

ことを特徴とする請求項 11 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 13】 前記マスク前駆層上に所定の平面形状を有する金属膜パターンを形成し、この金属膜パターンを前記第2のマスクとして用いる

ことを特徴とする請求項 11 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 14】 前記マスク前駆層上に選択的にめっき膜を成長させることにより前記金属膜パターンを形成する

ことを特徴とする請求項 13 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 15】 前記マスク前駆層上に金属層を形成し、この金属層を選択的にエッチングすることにより前記金属膜パターンを形成する

ことを特徴とする請求項 13 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 16】 前記金属膜パターンの形成材料として、ニッケル鉄またはニッケル銅のいずれかを用いる

ことを特徴とする請求項 13 ないし請求項 15 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 17】 前記金属膜パターンの形成材料として、窒化鉄またはコバルト鉄のいずれかを用いる

ことを特徴とする請求項 13 ないし請求項 15 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 18】 前記金属膜パターンの形成材料として、ニッケルボロンを用いる

ことを特徴とする請求項 13 ないし請求項 15 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 19】 前記金属膜パターンの形成材料として、ニッケルリンを用いる

ことを特徴とする請求項 13 ないし請求項 15 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項20】 前記第1のエッチング工程において、前記第2のマスクをもエッチングして除去する

ことを特徴とする請求項11ないし請求項19のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項21】 前記マスク前駆層の成膜を化学蒸着によって行う

ことを特徴とする請求項10ないし請求項20のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項22】 前記マスク前駆層の成膜を100Pa以下の圧力下において行う

ことを特徴とする請求項21記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項23】 前記第1のマスクの形成材料として、所定の無機材料を用いる

ことを特徴とする請求項1ないし請求項22のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項24】 前記無機材料として、酸化アルミニウムまたは窒化アルミニウムを含む材料を用いる

ことを特徴とする請求項23記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項25】 前記第1の磁極が、前記記録媒体対向面からこの面と離れる方向に延在すると共に前記記録媒体の記録トラック幅を画定するものであり、

前記第1の磁性層が、前記第1の磁極を有する第1の磁性層部分と、前記薄膜コイル部の配設領域を覆うと共に前記第1の磁性層部分に磁氣的に連結された第2の磁性層部分とを含む場合において、

前記第1のマスクの平面形状が、前記第1の磁性層部分のうちの少なくとも前記第1の磁極に対応する部分を含むように、前記第1のマスクを形成する

ことを特徴とする請求項1ないし請求項24のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項26】 前記第1の磁性層部分が、さらに、前記記録媒体対向面から遠い側において前記第1の磁極と磁氣的に連結すると共に前記第1の磁極の幅よりも大きな幅を有する拡幅部分を含み、前記第1の磁極と前記拡幅部分との連

結位置に幅方向の段差が形成され、かつ前記第 1 の磁極の側縁面と前記段差における前記拡幅部分の段差面とが交わる部分にコーナー部が形成されている場合において、

前記第 1 のマスクの平面形状がさらに前記拡幅部分の平面形状に対応する部分を含み、

前記第 1 のマスクのうちの、前記第 1 の磁性層部分の前記コーナー部に対応する部分における角度が 9 0 度ないし 1 2 0 度の範囲内となるように、前記第 1 のマスクを形成する

ことを特徴とする請求項 2 5 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 7】 前記第 3 のエッチング工程において、塩素、三塩化ボロン、塩化水素、四フッ化炭素、六フッ化硫黄および三臭化ボロンのうちの少なくとも 1 種を含むガス雰囲気中においてエッチング処理を行う

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 6 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 8】 前記第 3 のエッチング工程において、5 0 度ないし 3 0 0 度の範囲内の温度下においてエッチング処理を行う

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 7 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2 9】 前記第 2 のエッチング工程において、前記第 1 の磁性層のうちの少なくとも前記第 1 の磁極を形成する

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 8 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 0】 前記第 2 のエッチング工程において、前記第 2 の磁性層のうちの少なくとも前記第 2 の磁極を形成する

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 9 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 1】 反応性イオンエッチングによって、前記ギャップ層のうちの、前記第 1 の磁極の形成領域以外の領域を選択的に除去する

ことを特徴とする請求項 2 9 または請求項 3 0 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造

方法。

【請求項 3 2】 前記第 1 の磁性層のうちの前記第 1 の磁極の形成と、前記ギャップ層のうちの前記第 1 の磁極の形成領域以外の領域の選択的除去と、前記第 2 の磁性層のうちの前記第 2 の磁極の形成とを同一工程内において連続的に行う

ことを特徴とする請求項 2 9 ないし請求項 3 1 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 3】 所定の無機材料よりなる第 1 のマスクを用いて前記第 1 の磁性層のうちの前記第 1 の磁極の形成を行うと共に、

前記第 1 のマスクおよび前記第 1 の磁極のうちの少なくとも一方をマスクとして用いて、前記ギャップ層の選択的除去と前記第 2 の磁性層のうちの前記第 2 の磁極の形成とを行う

ことを特徴とする請求項 3 2 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 4】 前記第 1 の磁性層を形成する工程において、

反応性イオンエッチングによって、前記第 2 の磁性層部分を前記第 1 の磁性層部分とは別体として形成する

ことを特徴とする請求項 2 5 ないし請求項 3 3 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 5】 前記第 2 の磁性層部分が、前記第 1 の磁性層部分の一部と部分的にオーバーラップするようにすると共に、その前記記録媒体対向面に近い側の端縁が、前記記録媒体対向面の位置から離れて位置するように、前記第 2 の磁性層部分を形成する

ことを特徴とする請求項 3 4 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3 6】 前記薄膜コイル部が第 1 の薄膜コイル層を有し、前記絶縁層が、少なくとも前記第 1 の薄膜コイル層を埋設する第 1 の絶縁層部分を有する場合において、

少なくとも前記第 1 の磁性層部分および前記第 1 の薄膜コイル層を覆うように前記第 1 の絶縁層部分を形成する工程と、

少なくとも前記第 1 の磁性層部分が露出するまで前記第 1 の絶縁層部分の表面

を研磨して第1の平坦面を形成する工程と

を含むことを特徴とする請求項34または請求項35に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項37】 前記第1の平坦面上に前記第2の磁性層部分を形成することを特徴とする請求項36記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項38】 前記第1の磁性層が、さらに、前記第1の磁性層部分と前記第2の磁性層部分との間に、両者の間を磁氣的に連結する第3の磁性層部分を含む場合において、

反応性イオンエッチングによって、前記第1の平坦面上に前記第3の磁性層部分を形成する

ことを特徴とする請求項36記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項39】 前記第3の磁性層部分が、前記第1の磁性層部分の一部および前記第2の磁性層部分の一部の双方とオーバーラップするようにすると共に、その前記記録媒体対向面に近い側の端縁が、前記記録媒体対向面の位置から離れて位置するように、前記第3の磁性層部分を形成する

ことを特徴とする請求項38記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項40】 前記薄膜コイル部が、さらに、前記第1の薄膜コイル層と異なる階層に配設された第2の薄膜コイル層を有し、前記絶縁層が、さらに、少なくとも前記第2の薄膜コイル層を埋設する第2の絶縁層部分を有する場合において、

前記第1の平坦面上に前記第2の薄膜コイル層を形成すると同時に、前記第2の薄膜コイル層の端部に前記薄膜コイル部の一部をなす第1の接続パターンを前記第2の薄膜コイル層と一体をなすように形成する工程と、

前記第3の磁性層部分を形成すると同時に、前記第1の接続パターン上に前記薄膜コイル部の一部をなす第2の接続パターンを形成する工程と、

少なくとも前記第3の磁性層部分、前記第2の薄膜コイル層および前記第2の接続パターンを覆うように前記第2の絶縁層部分を形成する工程と、

少なくとも前記第3の絶縁層部分および前記第2の接続パターンの双方が露出するまで前記第2の絶縁層部分の表面を研磨して第2の平坦面を形成する工程と

前記第2の平坦面上の一部分に前記第2の接続パターンの露出面と電氣的に接続するように導電層パターンを形成する工程と

を含むことを特徴とする請求項38または請求項39に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項41】 前記第2の平坦面上の他の一部分に前記第2の磁性層部分を形成する

ことを特徴とする請求項40記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項42】 さらに、前記記録媒体対向面からこの面と離れる方向に延在する磁気変換機能素子膜と、この磁気変換機能素子膜を磁氣的に遮蔽する第3の磁性層とを有する場合において、

反応性イオンエッチングによるエッチング処理を用いて前記第3の磁性層を形成する

ことを特徴とする請求項1ないし請求項41のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項43】 所定の磁性材料を用いて、スパッタリングによって前記磁性材層の成膜を行う

ことを特徴とする請求項1ないし請求項42のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項44】 前記磁性材料として窒化鉄を含む材料を用いることを特徴とする請求項43記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項45】 前記磁性材料としてアモルファス合金を用いることを特徴とする請求項43記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項46】 前記アモルファス合金としてジルコニウムコバルト鉄酸化物合金を含む材料を用いる

ことを特徴とする請求項45記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項47】 前記第2のエッチング工程において、塩素、三塩化ボロンおよび塩化水素のうちの少なくとも1種を含むガス雰囲気中においてエッチング処理を行う



ことを特徴とする請求項1ないし請求項46のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項48】 前記第2のエッチング工程において、50度ないし300度の範囲内の温度下においてエッチング処理を行う

ことを特徴とする請求項1ないし請求項47のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

### 【発明の属する技術分野】

本発明は、少なくとも書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。

## 【0002】

### 【従来の技術】

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magnetoresistive）と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

## 【0003】

記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁気記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。このためには、記録ギャップ（write gap）を挟んでその上下に形成された下部磁極（ボトムポール）および上部磁極（トップポール）のエアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロンオーダーまで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要があり、これを達成するために半導体加工技術が利用されている。

## 【0004】

ここで、図37～図42を参照して、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例として、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。

## 【0005】

この製造方法では、まず、図37に示したように、例えばアルティック ( $Al_2O_3 \cdot TiC$ ) よりなる基板101上に、例えば酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$  ; 以下、単に「アルミナ」という。) よりなる絶縁層102を約5.0~10.0  $\mu m$ 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層102上に、再生ヘッド用の下部シールド層103を形成する。次に、下部シールド層103上に、例えばアルミナ層を100~200 nmの厚みでスパッタ堆積し、シールドギャップ膜104を形成する。次に、シールドギャップ膜104上に、再生用のMR素子を構成するためのMR膜105を数十 nmの厚みに形成し、高精度のフォトリソグラフィ処理によって所望の形状にパターニングする。次に、MR膜105の両側に、このMR膜105と電氣的に接続する引き出し電極層としてのリード層 (図示せず) を形成したのち、このリード層、シールドギャップ膜104およびMR膜105上に、シールドギャップ膜106を形成し、MR膜105をシールドギャップ膜104, 106内に埋設する。次に、シールドギャップ膜106上に、再生ヘッドおよび記録ヘッドの双方に用いる磁気材料、例えばニッケル鉄合金 ( $NiFe$  ; 以下、単に「パーマロイ (商品名)」ともいう。) よりなる上部シールド兼下部磁極 (以下、下部磁極という。) 107を形成する。

## 【0006】

次に、図38に示したように、下部磁極107上に、絶縁材料、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層108を形成し、この記録ギャップ層108上に、高精度のフォトリソグラフィによりフォトレジスト膜109を所定のパターンとなるように形成する。次に、フォトレジスト膜109上に、例えばめっき法により、例えば銅 ( $Cu$ ) よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル110を形成する。次に、フォトレジスト膜109および薄膜コイル110を覆うようにして、高精度のフォトリソグラフィによりフォトレジスト膜111を所定のパターンとなるように形成する。次に、薄膜コイル110の各巻線間の絶縁化のために、フォトレジスト膜111に対して、例えば250度の温度で加熱処理を施す。

## 【0007】

次に、図39に示したように、薄膜コイル110よりも後方 (図39における

右側)の位置において、磁路形成のために、記録ギャップ層108の一部を部分的にエッチングして開口部108aを形成し、下部磁極107の一部を露出させる。次に、下部磁極107の露出面、フォトレジスト膜111および記録ギャップ層108を覆うようにして、高飽和磁束密度を有する磁気材料、例えばパーマロイを電解めっき法によって成膜する。次に、このパーマロイよりなるめっき膜上にフォトレジスト膜を形成したのち、このフォトレジスト膜に対して選択的な露光処理(フォトリソグラフィ処理)を施して、所定の平面形状を有するフォトレジスト膜パターン(図示せず)を形成する。次に、このフォトレジスト膜パターンをマスクとして用いて、イオンミリングによってめっき膜を選択的にエッチングすることにより上部ヨーク兼上部磁極(以下、上部磁極という。)112を形成する。この上部磁極112は、例えば、後述する図42に示したような平面形状を有するものであり、ヨーク部112aおよびポールチップ部112bを含んでいる。上部磁極112は、開口部108aにおいて下部磁極107と接触し、磁氣的に連結されている。次に、上部磁極112の一部(ポールチップ部112b)をマスクとして、記録ギャップ層108および下部磁極107の双方をイオンミリングによって選択的に約 $0.5\mu\text{m}$ 程度エッチングしたのち(図41参照)、上部磁極112上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層113を形成する。最後に、機械加工や研磨工程によって、記録ヘッドおよび再生ヘッドのトラック面、すなわちエアベアリング面120を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

#### 【0008】

図40～図42は、完成した状態の薄膜磁気ヘッドの構造を表すものである。ここで、図40はエアベアリング面120に垂直な方向における薄膜磁気ヘッドの断面を表し、図41は磁極部分のエアベアリング面120に平行な方向における断面を拡大して表し、図42は平面構造を表している。ここで、図39は、図42におけるXXXIX-XXXIX線に沿った矢視断面に相当する。なお、図40～図42では、オーバーコート層113等の図示を省略している。また、図42では、薄膜コイル110およびフォトレジスト膜111については、それらの最外端のみを図示している。

## 【0009】

図40および図42において、「TH」はスロートハイト (Throat Height) を表し、「MRH」はMRハイトを表している。ここで、「スロートハイト (TH)」とは、記録ヘッドの性能を決定する要因のうちの一つであり、薄膜コイル110を他の導電部分と電氣的に分離するための絶縁層 (フォトレジスト膜111) の最もエアベアリング面120に近い側の端縁の位置、すなわちスロートハイトゼロ位置 (TH0位置) からエアベアリング面120の位置までの長さである。記録ヘッドの性能を向上させるためには、スロートハイト (TH) を最適化する必要がある。このスロートハイト (TH) は、エアベアリング面120の加工の際の研磨量によって制御される。また、「MRハイト (MRH)」とは、MR膜105の最もエアベアリング面120から遠い側の端縁の位置、すなわちMRハイトゼロ位置 (MRH0位置) からエアベアリング面120の位置までの長さである。このMRハイト (MRH) もまた、エアベアリング面120の加工の際の研磨量によって制御される。

## 【0010】

薄膜磁気ヘッドの性能を決定する要因としては、スロートハイト (TH) やMRハイト (MRH) 等の他に、図40に示したエイペックスアングル (Apex Angle:  $\theta$ ) がある。このエイペックスアングル $\theta$ は、フォトレジスト膜111のエアベアリング面120に近い側の斜面の平均斜度である。

## 【0011】

図41に示したように、記録ギャップ層108および下部磁極107の双方の一部が上部磁極112のポールチップ部112bに対して自己整合的にエッチングされた構造は、トリム (Trim) 構造と呼ばれる。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。図中に示した「P2W」は、トリム構造を有する部分 (以下、単に「磁極部分500」という。) の幅、すなわち磁極幅 (以下、「トラック幅」ともいう。) を表している。この磁極幅P2Wの加工寸法は、トリム構造を形成するためのエッチング処理を行う際に用いられるマスク (上記の場合はフォトレジスト膜パターン) のうちの磁極部分500に対応する部分の幅に依存す

る。また、図中に示した「P 2 L」は、磁極部分 5 0 0 の一部を構成するポールチップ部 1 1 2 b の厚み、すなわち磁極長を表している。なお、図 4 1 に示したように、MR 膜 1 0 5 の両側には、この MR 膜 1 0 5 と電氣的に接続する引き出し電極層としてのリード層 1 2 1 が設けられている。ただし、図 3 7 ~ 図 4 0 では、リード層 1 2 1 の図示を省略している。

#### 【 0 0 1 2 】

図 4 2 に示したように、上部磁極 1 1 2 は、その大部分を占めるヨーク部 1 1 2 a と、磁極幅 P 2 W としてほぼ一定の幅を有するポールチップ部 1 1 2 b とを有している。ヨーク部 1 1 2 a とポールチップ部 1 1 2 b との連結部分において、ヨーク部 1 1 2 a の外縁はエアベアリング面 1 2 0 と平行な面に対して角度  $\alpha$  をなし、また、上記の連結部分において、ポールチップ部 1 1 2 b の外縁は、エアベアリング面 1 2 0 と平行な面に対して角度  $\beta$  をなしている。ここで、 $\alpha$  は、例えば 4 5 度であり、 $\beta$  は 9 0 度である。上記したように、ポールチップ部 1 1 2 b は、磁極部分 5 0 0 のトリム構造を形成する際のマスクとなる部分である。図 4 0 および図 4 2 から判るように、ポールチップ部 1 1 2 b は平坦な記録ギャップ層 1 0 8 の上に延在し、ヨーク部 1 1 2 a はフォトレジスト膜 1 1 1 で覆われて丘陵状に盛り上がったコイル部分（以下、「エイペックス部」という。）の上に延在している。

#### 【 0 0 1 3 】

なお、上部磁極の詳細な構造的特徴に関しては、例えば、特開平 8 - 2 4 9 6 1 4 号公報に記載がある。

#### 【 0 0 1 4 】

#### 【発明が解決しようとする課題】

磁極部分 5 0 0 の磁極幅 P 2 W は記録媒体上の記録トラック幅を規定するものであるため、記録密度を高めるためには、磁極部分 5 0 0 を高い精度で形成して磁極幅 P 2 W を狭小化する必要がある。特に、近年、さらなる記録密度の向上の要求にともない、例えば約 0. 3  $\mu$  m 以下に至る磁極幅 P 2 W の極狭小化が望まれている。磁極幅 P 2 W が大きすぎる場合には、記録媒体上の所定の記録トラック領域以外の隣接領域にも書き込みしてしまう現象、すなわちサイドイレース現

象が発生してしまい、記録密度を向上させることができないからである。このことから、磁極部分500の磁極幅P2Wを狭小化すると共に全域にわたって一定となるようにすることが重要である。

## 【0015】

上部磁極112の形成方法としては、フレームめっき法のようなウェットプロセスの他、上記したように、例えば、所定の形状を有するマスクを用いて、パーマロイよりなるめっき膜をイオンミリングによって選択的にエッチングしてパターンニングするドライプロセスがある。

## 【0016】

しかしながら、このような従来のドライプロセスでは、以下のような不具合が発生することを本出願人等は確認している。

## 【0017】

1) 例えば、めっき膜をパターンニングするために用いるマスクをフォトリソグラフィ処理によって形成する場合、得られるマスクのうちの磁極部分500に対応する部分の形成可能な最小幅は、約 $0.3\mu\text{m}$ 程度が限界である。なぜなら、この部分の幅を $0.3\mu\text{m}$ より小さくすると、厚み寸法（例えば $2\sim 3\mu\text{m}$ 程度）に対して幅寸法が極端に小さくなりすぎて、マスクを設計寸法通りに形成することができないからである。このため、上記のような方法を用いた場合には、最終的に形成される磁極部分500の最小の磁極幅P2Wは約 $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$ 程度が限界となり、磁極幅P2Wの極狭小化（例えば $0.3\mu\text{m}$ 以下）を達成することができない。

## 【0018】

2) また、めっき膜をイオンミリングによってエッチングする場合、例えば、めっき膜の表面に対してほぼ垂直な方向（めっき膜の表面に対する垂線から幅方向に $0\sim 30$ 度程度の角度をなす方向）からイオンビームを照射すると、エッチング時に生じたエッチング生成物が非エッチング部分の側壁に再付着してしまい、ポールチップ部112bの幅が部分的に設計値よりも拡張してしまうこととなる。一方、例えば、めっき膜の表面に対してほぼ平行な方向（めっき膜の表面に対する垂線から幅方向に $50\sim 70$ 度程度の角度をなす方向）からイオンビー

ムを照射すると、上記のようなエッチング生成物の再付着現象は回避されるが、処理が進むにつれてエッチング量が増加してしまい、ポールチップ部 112b の幅が部分的に設計値よりも縮小してしまうこととなる。特に、後者の条件においてエッチング処理を行うことにより磁極部分 500 を形成すると、図 43 に示したように、磁極幅 P2W が厚み方向の位置によって異なってしまい、不均一になる。

## 【0019】

3) また、めっき膜のパターニングに用いるマスク（フォトレジスト膜パターン）を形成するためのフォトレジスト膜を凹凸構造を有する下地（パーマロイ層）上に形成すると、露光時において、下地の表面から斜め方向または横方向へ反射する反射光が発生し、この反射光が露光領域を拡張または縮小させることにより、マスクの形成精度が低下してしまう。なお、このマスクの形成精度の低下は、フォトレジスト膜の下地であるめっき膜の形成材料として、比較的反射率が高いパーマロイを用いていることにも起因している。

## 【0020】

4) また、磁極部分 500 の形成をエッチング速度の遅いイオンミリングによって行っているので、エッチング処理に時間がかかり、磁極部分 500 の加工完了までに相当な時間を要することとなる。このような傾向は、磁極部分 500 を形成する場合に限られるものではなく、上部磁極 112 や他の磁性層部分（下部シールド層 103、下部磁極 107 等）等を形成する場合においても同様である。

## 【0021】

なお、従来においては、上記したプロセス上の不具合の他、以下のような性能上の不具合もある。すなわち、従来は、薄膜磁気ヘッドを構成する磁性層部分の磁性材料としてパーマロイを用いている。このため、磁極幅 P2W を例えば約  $0.3\mu\text{m}$  以下まで極狭小化した場合には、特に、上記の磁極部分 500 を構成する磁性層部分において磁束の飽和現象が生じてしまい、記録媒体への重ね書き込み特性、すなわちオーバーライト特性が低下してしまう。

## 【0022】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、特に、磁極部分

の形成を高精度かつ短時間で行うことを可能とする薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することにある。

## 【 0 0 2 3 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の第 1 の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する第 1 の磁極および第 2 の磁極をそれぞれ含む、互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、これらの 2 つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、第 1 の磁極を形成する工程および第 2 の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、磁性材層を成膜する工程と、磁性材層の上にマスク前駆体を形成する工程と、イオンビームエッチングによって、マスク前駆体の一部をエッチングしてより狭い幅を有する第 1 のマスクを形成すると同時に第 1 のマスクの形成領域以外の領域における磁性材層の表面近傍層を部分的にエッチングする第 1 のエッチング工程と、反応性イオンエッチングによって、第 1 のマスクを用いて磁性材層をエッチングして第 1 の磁極および第 2 の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第 2 のエッチング工程とを含むようにしたものである。

## 【 0 0 2 4 】

本発明の第 1 の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第 1 のエッチング工程において、マスク前駆層の一部がエッチングされることによってより狭い幅を有する第 1 のマスクが形成されると同時に第 1 のマスクの形成領域以外の領域における磁性材層の表面近傍層が部分的にエッチングされ、第 2 の工程において、第 1 のマスクを用いて反応性イオンエッチングによって磁性材層がエッチングされることにより第 1 の磁極および第 2 の磁極のうちの少なくとも一方が形成される。

## 【 0 0 2 5 】

本発明の第 1 の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第 1 のエッチング工程において、イオンビームの照射角度を工程の途中において少なくとも 1 回変更するようにしてもよい。このような場合には、第 1 のエッチング工程の途中に



において、磁性材層の延在方向に対して直交する方向とイオンビームの照射方向との間の幅方向における角度をより小さい第1の角度からより大きい第2の角度へ変更するようにするのが好適である。具体的には、第1の角度を $45 \pm 15$ 度とし、第2の角度を $75 \pm 15$ 度とするようにするのが好適である。

## 【0026】

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する第1の磁極および第2の磁極をそれぞれ含む、互いに磁氣的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、これらの2つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、第1の磁極を形成する工程および前記第2の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、磁性材層を成膜する工程と、磁性材層の上にマスク前駆体を形成する工程と、イオンビームエッチングによって、マスク前駆体の一部をエッチングしてより狭い幅を有する第1のマスクを形成する第1のエッチング工程と、反応性イオンエッチングによって、第1のマスクを用いて磁性材層をエッチングして第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第2のエッチング工程とを含むようにしたものである。

## 【0027】

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1のエッチング工程において、マスク前駆層の一部がエッチングされることによってより狭い幅を有する第1のマスクが形成され、第2の工程において、第1のマスクを用いて反応性イオンエッチングによって磁性材層がエッチングされることにより第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方が形成される。

## 【0028】

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1のエッチング工程において、磁性材層の延在方向に対して直交する方向から幅方向に $75 \pm 15$ 度の角度をなすような方向からイオンビームを照射するようにするのが好適である。

## 【0029】

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向すると共に前記記録媒体の記録トラック幅を画定する第1の磁極および第2の磁極をそれぞれ含む、互いに磁氣的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、これらの2つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、第1の磁極を形成する工程および第2の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、磁性材層を成膜する工程と、磁性材層の上にマスク前駆体を形成する工程と、イオンビームエッチングによって、マスク前駆体を第1のマスクとして用いて、マスク前駆体の形成領域以外の領域における磁性材層の表面近傍層を部分的にエッチングする第1のエッチング工程と、反応性イオンエッチングによって、マスク前駆体を第1のマスクとして用いて磁性材層をエッチングして第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第2のエッチング工程とを含むようにしたものである。

## 【0030】

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1のエッチング工程において、マスク前駆体の形成領域以外の領域における磁性材層の表面近傍層が部分的にエッチングされ、第2の工程において、マスク前駆体を第1のマスクとして用いて反応性イオンエッチングによって磁性材層がさらにエッチングされることにより第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方が形成される。

## 【0031】

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1のエッチング工程において、磁性材層の延在方向に対して直交する方向から幅方向に $45 \pm 15$ 度の角度をなすような方向からイオンビームを照射するようにするのが好適である。

## 【0032】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、さらに、磁性材層を成膜する工程とマスク前駆体を形成する工程との間に、磁性材層の表面を研磨して平坦化

する工程を含むようにしてもよい。

【0033】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、マスク前駆体を形成する工程が、磁性材層上にマスク前駆層を成膜する工程と、反応性イオンエッチングによってマスク前駆層を選択的にエッチングしてマスク前駆体を形成する第3のエッチング工程とを含むようにしてもよい。このとき、第3のエッチング工程において、マスク前駆体の平面形状に対応する形状を有する第2のマスクを用いるようにしてもよい。このような場合には、マスク前駆層上に所定の平面形状を有するフォトレジスト膜パターンを形成し、このフォトレジスト膜パターンを第2のマスクとして用いるようにしてもよいし、マスク前駆層上に所定の平面形状を有する金属膜パターンを形成し、この金属膜パターンを第2のマスクとして用いるようにしてもよい。特に、後者の場合には、マスク前駆層上に選択的にめっき膜を成長させることにより金属膜パターンを形成するようにしてもよいし、マスク前駆層上に金属層を形成し、この金属層を選択的にエッチングすることにより金属膜パターンを形成するようにしてもよい。このときの金属膜パターンの形成材料としては、ニッケル鉄、ニッケル銅、窒化鉄、コバルト鉄、ニッケルボロンまたはニッケルリンのいずれかを用いるようにするのが好適である。

【0034】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1のエッチング工程において、第2のマスクをもエッチングして除去するようにしてもよい。

【0035】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、マスク前駆層の成膜を化学蒸着によって行うようにしてもよい。このような場合には、マスク前駆層の成膜を100Pa以下の圧力下において行うようにするのが好適である。

【0036】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1のマスクの形成材料として所定の無機材料を用いるようにしてもよい。このような場合には、上記の無機材料として、酸化アルミニウムまたは窒化アルミニウムを含む材料を用いるようにするのが好適である。

## 【0037】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1の磁極が記録媒体対向面からこの面と離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を画定するものであり、第1の磁性層が、第1の磁極を有する第1の磁性層部分と、薄膜コイル部の配設領域を覆うと共に第1の磁性層部分に磁氣的に連結された第2の磁性層部分とを含む場合には、第1のマスクの平面形状が、第1の磁性層部分のうちの少なくとも第1の磁極の平面形状に対応する部分を含むようにしてもよい。

## 【0038】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1の磁性層部分が、さらに、記録媒体対向面から遠い側において第1の磁極と磁氣的に連結すると共に第1の磁極の幅よりも大きな幅を有する拡幅部分を含み、第1の磁極と拡幅部分との連結位置に幅方向の段差が形成され、かつ第1の磁極の側縁面と上記の段差における拡幅部分の段差面とが交わる部分にコーナー部が形成されている場合には、第1のマスクの平面形状がさらに拡幅部分の平面形状に対応する部分を含み、第1のマスクのうちの、第1の磁性層部分のコーナー部に対応する部分における角度が90度ないし120度の範囲内となるようにするのが好適である。

## 【0039】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第3のエッチング工程において、四フッ化炭素、六フッ化硫黄、三臭化ボロン、塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも1種を含むガス雰囲気中、かつ50度ないし300度の範囲内の温度下においてエッチング処理を行うようにするのが好適である。

## 【0040】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2のエッチング工程において、第1の磁性層のうちの少なくとも第1の磁極を形成するようにしてもよいし、第2の磁性層のうちの第2の磁極を形成するようにしてもよい。

## 【0041】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、反応性イオンエッチングによって、ギャップ層のうちの第1の磁極の形成領域以外の領域を選択的に除去するようにしてもよい。このような場合には、第1の磁性層のうちの第1の磁極の形

成と、上記のギャップ層の選択的除去と、第2の磁性層のうちの第2の磁極の形成とを同一工程内において連続的に行うようにするのが好適である。また、上記の各部位の加工を行う際には、所定の無機材料よりなる第1のマスクを用いて第1の磁性層のうちの第1の磁極の形成を行い、第1のマスクおよび第1の磁極のうちの少なくとも一方をマスクとして用いて、ギャップ層の選択的除去と第2の磁性層のうちの第2の磁極の形成とを行うようにするのが好適である。

## 【0042】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1の磁性層を形成する工程において、反応性イオンエッチングによって第2の磁性層部分を第1の磁性層部分とは別体として形成するようにしてもよい。このような場合には、第2の磁性層部分が、第1の磁性層部分の一部と部分的にオーバーラップするようにすると共に、その記録媒体対向面に近い側の端縁が、記録媒体対向面の位置から離れて位置するようにするのが好適である。

## 【0043】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、薄膜コイル部が第1の薄膜コイル層を有し、絶縁層が第1の薄膜コイル層を埋設する第1の絶縁層部分を有する場合には、少なくとも第1の磁性層部分および第1の薄膜コイル層を覆うように第1の絶縁層部分を形成する工程と、少なくとも第1の磁性層部分が露出するまで第1の絶縁層部分の表面を研磨して第1の平坦面を形成する工程とを含むようにしてもよい。このような場合には、第1の平坦面上に第2の磁性層部分を形成するようにするようによい。

## 【0044】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1の磁性層が、さらに、第1の磁性層部分と第2の磁性層部分との間に両者の間を磁氣的に連結する第3の磁性層部分を含む場合には、反応性イオンエッチングによって第1の平坦面上に第3の磁性層部分を形成するようにしてもよい。このような場合には、第3の磁性層部分が、第1の磁性層部分の一部および第2の磁性層部分の一部の双方とオーバーラップするようにすると共に、その記録媒体対向面に近い側の端縁が、記録媒体対向面の位置から離れて位置するようにするのが好適である。

## 【 0 0 4 5 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、薄膜コイル部が、さらに、第1の薄膜コイル層と異なる階層に配設された第2の薄膜コイル層を有し、絶縁層が、さらに、第2の薄膜コイル層を埋設する第2の絶縁層部分を有する場合には、第2の薄膜コイルを形成すると同時に第2の薄膜コイル層の端部に薄膜コイル部の一部をなす第1の接続パターンを第2の薄膜コイル層と一体をなすように形成する工程と、第3の磁性層部分を形成する工程と同一の工程により第1の接続パターン上に薄膜コイル部の一部をなす第2の接続パターンを形成する工程と、少なくとも第3の磁性層部分、第2の薄膜コイル層および第2の接続パターンを覆うように第2の絶縁層部分を形成する工程と、少なくとも第3の絶縁層部分および第2の接続パターンの双方が露出するまで第2の絶縁層部分の表面を研磨して第2の平坦面を形成する工程と、第2の平坦面上の一部分に第2の接続パターンの露出面と電気的に接続するように導電層パターンを形成する工程とを含むようにしてもよい。このような場合には、第2の平坦面上の他の一部分に第2の磁性層部分を形成するようにしてもよい。

## 【 0 0 4 6 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、さらに、記録媒体対向面からこの面と離れる方向に延在する磁気変換機能素子膜と、この磁気変換機能素子膜を磁氣的に遮蔽する第3の磁性層とを有する場合には、反応性イオンエッチングによるエッチング処理を用いて第3の磁性層を形成するようにしてもよい。

## 【 0 0 4 7 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、所定の磁性材料を用いて、スパッタリングによって磁性層の成膜を行うようにしてもよい。このような場合には、上記の磁性材料として、窒化鉄を含む材料、またはジルコニウムコバルト鉄酸化物合金を含む材料などのアモルファス合金を用いるようにするのが好適である。

## 【 0 0 4 8 】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2のエッチング工程において、塩素、三塩化ボロンおよび塩化水素のうちの少なくとも1種を含むガス雰囲気

気中、かつ 5 0 度ないし 3 0 0 度の範囲内の温度下においてエッチング処理を行うようにするのが好適である。

【0 0 4 9】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0 0 5 0】

〔第 1 の実施の形態〕

＜薄膜磁気ヘッドの製造方法＞

まず、図 1 ～図 1 8 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によって具現化されるので、以下併せて説明する。

【0 0 5 1】

図 1 ～図 1 1 において、(A) はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B) は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図 1 2 ～図 1 8 は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図 1 2 ～図 1 7 は、それぞれ図 3 ～図 8 に示した状態に対応し、図 1 8 は図 1 1 に示した状態に対応する。ただし、図 1 7 では、図 8 における絶縁膜 1 3、1 5 および薄膜コイル 1 4 等の図示を省略し、図 1 8 では、図 1 1 における絶縁膜 1 3、1 5、1 6、1 8、1 9、薄膜コイル 1 4、1 7 およびオーバーコート層 2 0 等の図示を省略している。

【0 0 5 2】

以下の説明では、図 1 ～図 1 8 の各図中における X 軸方向を「幅方向」、Y 軸方向を「長さ方向」、Z 軸方向を「厚み方向」として表記すると共に、Y 軸方向のうちのエアベアリング面 8 0 側（または後工程においてエアベアリング面 8 0 となる側）を「前側（または前方）」、その反対側を「後側（または後方）」と表記するものとする。

【0 0 5 3】

本実施の形態に係る製造方法では、まず、図 1 に示したように、例えばアルテ

イック ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ ) よりなる基板 1 上に、例えばアルミナよりなる絶縁層 2 を、約  $3.0 \sim 5.0 \mu\text{m}$  の厚みで堆積する。次に、絶縁層 2 上に、例えば、フォトリソグラフィ工程およびめっき法を用いて、例えばパーマロイ ( $\text{Ni} : 80 \text{ 重量}\%, \text{Fe} : 20 \text{ 重量}\%$ ) を約  $3.0 \mu\text{m}$  の厚みで選択的に形成して、再生ヘッド用の下部シールド層 3 を形成する。なお、下部シールド層 3 の形成材料としては、上記の他、パーマロイ ( $\text{Ni} : 45 \text{ 重量}\%, \text{Fe} : 55 \text{ 重量}\%$ ) を用いるようにしてもよい。次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜を約  $4.0 \sim 5.0 \mu\text{m}$  の厚みで形成したのち、下部シールド層 3 が露出するまで絶縁膜の表面を例えば CMP (化学機械研磨) 法によって研磨して、全体を平坦化する。

## 【0054】

次に、図 1 に示したように、下部シールド層 3 上に、例えばアルミナ層を約  $100 \sim 200 \text{ nm}$  の厚みでスパッタ堆積し、シールドギャップ膜 4 を形成する。次に、シールドギャップ膜 4 上に、再生ヘッド部の要部である MR 素子を構成するための MR 膜 5 を形成し、高精度のフォトリソグラフィで所望の形状とする。次に、MR 膜 5 の両側に、この MR 膜 5 と電氣的に接続する引き出し電極層としてのリード層 (図示せず) を形成したのち、このリード層、シールドギャップ膜 4 および MR 膜 5 上に、シールドギャップ膜 6 を形成して、MR 膜 5 をシールドギャップ膜 4, 6 内に埋設する。ここで、MR 膜 5 が、本発明における「磁気変換機能素子膜」の一具体例に対応する。

## 【0055】

次に、図 1 に示したように、シールドギャップ膜 6 上に、上部シールド層 7 を約  $1.0 \sim 1.5 \mu\text{m}$  の厚みで選択的に形成する。上部シールドギャップ層 7 の形成材料および形成方法等は、下部シールドギャップ層 3 の場合と同様である。ここで、下部シールド層 3 および上部シールド層 7 が、本発明における「第 3 の磁性層」の一具体例に対応する。

## 【0056】

次に、図 1 に示したように、上部シールド層 7 上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる絶縁膜 8 を約  $0.15 \sim 0.2 \mu\text{m}$  の厚みで形成



する。次に、絶縁膜 8 上に、例えば窒化鉄 (FeN) よりなる下部磁極 9 を選択的に形成する。ここで、下部磁極 9 の形成は、以下のような手順により行う。すなわち、まず、絶縁膜 8 上に、例えばスパッタリングにより、例えば窒化鉄層を約  $2.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$  の厚みで成膜する。続いて、成膜した窒化鉄層を、所定の形状および材質を有するマスクを用いてリアクティブイオンエッチング (Reactive Ion Etching; 以下、単に「RIE」という) によってエッチングしてパターンニングすることにより、下部磁極 9 を選択的に形成する。なお、上記のような、成膜した窒化鉄を RIE によってパターンニングする工程の詳細については、後述する。ここで、下部磁極 9 が、本発明における「第 2 の磁性層」の一具体例に対応する。

## 【 0 0 5 7 】

次に、図 2 に示したように、下部磁極 9 上に、例えばスパッタリングによって、例えばアルミナ層を約  $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$  の厚みで成膜したのち、このアルミナ層を、例えばフォトリソスト膜よりなるマスク (図示せず) を用いて RIE によりエッチングしてパターンニングすることにより、絶縁膜パターン 10 を選択的に形成する。このエッチング処理により、アルミナ層のうちの、前側の領域の一部と後工程において磁路接続部 12b が形成されることとなる領域の一部とが選択的に除去され、特に、後者の領域には、下部磁極 9 と後工程において形成される上部磁極 12 とを接続させるための開口部 10k が形成される。この絶縁膜パターン 10 は、スロートハイト (TH) を決定する際に基準の位置となるスロートハイトゼロ位置 (TH0 位置) を規定するためのものである。絶縁膜パターン 10 を形成する際には、例えば、絶縁膜パターン 10 の最も前側の端縁 (以下、単に「最前端」という) の位置が、MR 膜 5 の最も後側の端縁 (以下、単に「最後端」という) の位置とほぼ一致するようにする。また、例えば、絶縁膜パターン 10 の少なくとも前端縁部近傍が、斜面をなすようにするのが好適である。これは、後工程において形成される上部ポールチップ 12a のうちの、上記の斜面部の上方領域における磁束の流れを円滑化させることができるからである。なお、上記のエッチング処理を行う際には、例えば、 $\text{CF}_4$  などを含む塩素系ガスを用いるようにする。

## 【0058】

次に、図2に示したように、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層11を約0.15～0.2 $\mu$ mの厚みで形成する。記録ギャップ層11を形成する際には、先工程において形成された開口部10kがアルミナによって覆われないようにする。ここで、記録ギャップ層11が、本発明における「ギャップ層」の一具体例に対応する。

## 【0059】

次に、図2に示したように、全体に、例えばスパッタリングにより、例えば窒化鉄よりなる上部ポールチップ前駆層112a（以下、単に「窒化鉄層」ともいう）を約2.5～3.5 $\mu$ mの厚みで形成する。この上部ポールチップ前駆層112aは、後工程においてエッチング処理によってパターンニングされることにより上部ポールチップ12a（および磁路接続部12b）となる前準備層である。以下の説明では、このように後工程で所定の形状となるようにパターンニングされることとなる前準備層を「前駆層」と称呼し、同様に表記するものとする。図2に示したように、上部ポールチップ前駆層112aの表面部は、下地の凹凸構造に対応した凹凸構造をなすこととなる。なお、上部ポールチップ前駆層112aの形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金（FeCoZrO）、窒化ジルコニア鉄（FeZrN）または窒化コバルト鉄（FeCoN）などのような高い飽和磁束密度を有するアモルファス合金を用いるようにしてもよい。ここで、上部ポールチップ前駆層112aが、本発明における「磁性材層」の一具体例に対応する。

## 【0060】

次に、図3および図12に示したように、上部ポールチップ前駆層112aの表面を例えばCMP法によって約0.5～1.0 $\mu$ m程度研磨して平坦化する。

## 【0061】

次に、図3および図12に示したように、平坦化された上部ポールチップ前駆層112a上に、例えばCVD（Chemical vapor deposition）法により、例えばアルミナなどの無機材料よりなる第1のマスク前駆層122aを約1.0～2.0 $\mu$ mの厚みで成膜する。この第1のマスク前駆層122aの成膜は、特に、

例えば100Pa以下の低圧環境中において行うようにする(LP (Low pressure) -CVD法)。LP-CVD法を用いることにより、第1のマスク前駆層122aがより緻密に形成され、後工程で上部ポールチップ前駆層112aをエッチングするときにエッチングされにくくなる。このとき、第1のマスク前駆層122aの表面もまた平坦となるように形成される。なお、第1のマスク前駆層122aを形成するための無機材料としては、アルミナの他、例えば窒化アルミニウム(AlN)などを用いるようにしてもよい。ここで、第1のマスク前駆層122aが、本発明における「マスク前駆層」の一具体例に対応する。

## 【0062】

次に、図3および図12に示したように、平坦化な第1のマスク前駆層122a上に、例えばスパッタリングにより、例えばパーマロイを約50nmの厚みで形成して、電解めっき法(フレイムめっき法)におけるシード層としての電極膜(図示せず)を形成する。次に、この電極膜上にフォトレジスト膜を約1.0 $\mu$ m程度の厚みで形成したのち、フォトリソグラフィによってフォトレジスト膜をパターニングすることにより、所定の形状よりなる開口部132x, 132y(図12では開口部132yを図示せず。)を有するフォトレジストパターン132aを形成する。この開口部132x, 132yの平面形状は、それぞれ後工程において形成される上部ポールチップ12a, 磁路接続部12bの平面形状に対応するものである。

## 【0063】

このとき、フォトレジストパターン132aを形成するためのフォトレジスト膜は平坦面上に形成されるので、斜面領域を含む下地上にフォトレジスト膜を形成する場合とは異なり、露光時において電極膜(シード層)の表面から斜め方向または横方向へ反射する反射光がほとんど生じない。このため、露光領域の拡張または縮小等に起因するパターンくずれを抑制して、特に、開口部132xのうちの微小幅領域132x(1)を高精度に形成することができる。また、第1のマスク前駆層122aの形成材料として、アルミナなどの比較的反射率の低い無機材料を用いているので、パーマロイなどの比較的反射率の高い材料を用いた場合よりも、露光時において第1のマスク前駆層122aの表面から反射する反射光

の発生自体を抑制することができる。この点でも開口部 132x の形成の高精度化に寄与することとなる。このような場合における形成可能な微小幅領域 132x(1) の最小幅（以下、単に「形成限界幅」ともいう。）は、上記したように、約  $0.3\mu\text{m}$  程度が限界である。微小幅領域 132x(1) の幅を  $0.3\mu\text{m}$  より小さくしようとする、この領域の幅がフォトリソグロフィ処理の厚み（例えば  $1\mu\text{m}$ ）に対して極端に小さくなりすぎて、微小幅領域 132x(1) を設計寸法通りに形成することができないからである。なお、フォトリソグロフィパターン 132a を形成するには、必ずしも上記のようにフォトリソグロフィ処理を用いなければならないものではなく、例えば RIE またはイオンミリング等によってフォトリソグロフィ膜を選択的にエッチングしてパターンニングするようにしてもよい。

## 【0064】

次に、上記の電極膜をシード層とし、フォトリソグロフィパターン 132a をフレーム（枠）として用いたフレームめっき法により、開口部 132x、132y の領域に、例えばパーマロイよりなるめっき膜を約  $0.5\sim 0.8\mu\text{m}$  の厚みで成長させたのち、フォトリソグロフィパターン 132a を除去する。これにより、図 4 および図 13 に示したように、第 1 のマスク前駆層 122a 上に、めっき膜よりなる第 2 のマスク 32a および他のマスク 32b（図 13 では他のマスク 32b を図示せず。）が形成される。このとき、フォトリソグロフィパターン 132a は上記のように高精度に形成されているので、第 2 のマスク 32a および他のマスク 32b の双方も高精度に形成することができる。特に、第 2 のマスク 32a のうちの微小幅領域 132x(1) に対応する部分を高精度に形成することができる。なお、第 2 のマスク 32a 等を形成するためのめっき膜の形成材料としては、上記のパーマロイの他、例えば、ニッケル銅 (NiCu)、窒化鉄、コバルト鉄 (CoFe)、ニッケルボロン (NiB) またはニッケルリン (NiP) などを用いるようにしてもよい。ここで、第 2 のマスク 32a が、本発明におけるめっき膜よりなる「金属膜パターン」としての「第 2 のマスク」の一具体例に対応する。

## 【0065】

次に、図 5 および図 14 に示したように、第 2 のマスク 32a および他のマス

ク 3 2 b を用いて、例えば R I E によって第 1 のマスク前駆層 1 2 2 a を選択的にエッチングすることにより、アルミナよりなるマスク前駆体 2 2 z および他のマスク 2 2 b (図 1 4 では他のマスク 2 2 b を図示せず。)を形成する。このエッチング処理により、第 1 のマスク前駆層 1 2 2 a (図 4, 図 1 3 参照)のうちの、第 2 のマスク 3 2 a および他のマスク 3 2 b のそれぞれの形成領域以外の領域が選択的に除去される。このとき、第 1 のマスク前駆層 1 2 2 a のうちの上記の領域がエッチングされると同時に、第 2 のマスク 3 2 a 自体および他のマスク 3 2 b 自体もそれぞれエッチングされ、両者の膜厚は減少する。なお、本実施の形態では、第 1 のマスク 2 2 a を形成するためのエッチング処理後においても、第 1 のマスク 2 2 a 上に第 2 のマスク 3 2 a が残存している場合について以降の説明を続けるが、必ずしもこのような場合に限られるものではなく、残存しないようにしてもよい。

## 【0066】

R I E によるエッチング処理を行う際には、例えば、加工温度を 50 度～300 度の範囲内とすると共に、エッチング用ガスとして、塩素 ( $\text{Cl}_2$ )、三塩化ボロン ( $\text{BCl}_3$ )、塩化水素 ( $\text{HCl}$ )、四フッ化炭素 ( $\text{CF}_4$ )、六フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ ) および三臭化ボロン ( $\text{BBr}_3$ ) のうちの少なくとも 1 種に、水素 ( $\text{H}_2$ )、酸素 ( $\text{O}_2$ )、窒素 ( $\text{N}_2$ ) およびアルゴン ( $\text{Ar}$ ) などを添加したものをを用いるようにする。このような条件を採用することにより、R I E によるエッチング処理を短時間で行うことができる。特に、第 1 のマスク前駆層 1 2 2 a を R I E によりエッチングする際のエッチング用ガスとしては、塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも 1 種を含むようにするのが好ましい。

## 【0067】

次に、図 6 および図 1 5 に示したように、マスク前駆体 2 2 z (図 6, 図 1 5 では図示せず。図 5, 図 1 4 参照。)に対して、斜め上方からイオンビームを照射してエッチング処理(イオンミリング)を施すことにより、第 1 のマスク 2 2 a を形成する。このとき、上記のエッチング処理は、例えば、上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a の延在方向に平行な平面に対する垂線 S を回転軸として、基板 1 を固定している図示しない固定台を回転させながら行う。このエッチング処理を

行う際には、同時に、第 1 のマスク 2 2 a および他のマスク 2 2 b (図 6, 図 1 5 では他のマスク 2 2 b を図示せず。) のそれぞれの形成領域以外の領域における上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a の表面近傍層を選択的に約  $0.5 \mu\text{m}$  程度エッチングして掘り下げると共に、第 1 のマスク 2 2 a の上方に配設されていた第 2 のマスク 3 2 a をエッチングして除去する。このエッチング処理により、第 1 のマスク 2 2 a の部分 2 2 a (1) の幅  $W_2$  は高精度に狭小化され、その幅はマスク前駆体 2 2 z の部分 2 2 z (1) の幅  $W_1$  (図 1 4 参照) よりも小さくなる。

## 【 0 0 6 8 】

イオンミリングによるエッチング処理を行う際には、例えば、その処理工程の前半および後半において、イオンビームの照射角度を変更する。具体的には、例えば、前半においては、垂線  $S$  に対する傾き角度  $\delta$  がより小さい方向 (例えば、角度  $\delta = \text{約 } 45 \pm 15 \text{ 度程度}$ ) からイオンビームを照射し、後半においては、垂線  $S$  に対する傾き角度  $\varepsilon$  がより大きい方向 (例えば、角度  $\varepsilon = \text{約 } 75 \pm 15 \text{ 度程度}$ ) からイオンビームを照射するようにする。前者の場合におけるイオンビームの照射は、主に、垂直方向におけるエッチング処理、すなわち上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a の掘り下げ加工に寄与し、一方、後者の場合におけるイオンビームの照射は、主に、幅方向におけるエッチング処理、すなわちマスク前駆層 2 2 z の部分 2 2 z (1) の狭幅化加工 (第 1 のマスク 2 2 a の形成) に寄与する。このように、イオンビームの照射角度をエッチング処理の途中で変更することにより、エッチング領域に対するイオンビームの照射状態を最適化し、双方の加工を高精度かつ短時間で行うことができる。

## 【 0 0 6 9 】

なお、上記のように、第 2 のマスク 3 2 a および他のマスク 3 2 b は、イオンミリングによるエッチング処理の完了時において消失し、残存しない。これにより、後工程において第 1 のマスク 2 2 a 等を用いて上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a を R I E によりパターニングする際に、残存している第 2 のマスク 3 2 a がエッチングされることによって生じるエッチング生成物が第 1 のマスク 2 2 a や上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a の側壁に再付着することによる形成幅の増大を回避することができる。

## 【0070】

次に、第1のマスク22aを用いて、上部ポールチップ前駆層112aをRIEによって選択的にエッチングしてパターニングすることにより、図7および図16に示したように、記録ギャップ層11上の一部領域から絶縁膜パターン10上の一部領域にかけて、窒化鉄よりなる上部ポールチップ12aを選択的に形成する。このエッチング処理により、上部ポールチップ前駆層112a（図7および図16では図示せず）のうちの第1のマスク22aの形成領域以外の領域（磁路接続部12bとなる部分を除く）が選択的に除去されることとなる。上部ポールチップ12aを形成する際には、同時に、他のマスク22bを用いて、開口部10kに磁路接続部12b（図16では図示せず）を形成する。上部ポールチップ12aおよび磁路接続部12bは、共に上部磁極12の一部を構成するものである。上部ポールチップ12aは、後述する図19に示したような平面形状を有するものであり、記録媒体（図示せず）上の記録トラック幅を規定する一定幅を有する先端部12a(1)と、先端部12a(1)の幅よりも大きい幅を有する後端部12a(2)とを含んでいる。ここで、上部ポールチップ12aが、本発明における「第1の磁性層部分」の一具体例に対応し、先端部12a(1)が、本発明における「第1の磁極」の一具体例に対応し、後端部12a(2)が、本発明における「拡幅部分」の一具体例に対応する。

## 【0071】

上部ポールチップ前駆層112aをエッチングする際には、例えば、絶縁膜パターン10および記録ギャップ層11のうちの上記の領域に対応する双方の一部をもエッチングするようにする。なお、必ずしもこのような場合に限らず、エッチング条件を調整して、上部ポールチップ前駆層112aのみをエッチングするようにしてもよい。このとき、上部ポールチップ前駆層112aの形成材料として、窒化鉄やアモルファス合金（ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金）などを用いることにより、RIEによるエッチング時において、非エッチング部分の周壁にエッチング生成物が再付着することによる非エッチング部分の幅の部分的な拡張または過剰エッチングによる非エッチング部分の幅の部分的な縮小が回避される。このため、特に、上部ポールチップ12aの先端部12a(1)を高精度に形

成することができる。

### 【0072】

R I Eにより上部ポールチップ前駆層112aをエッチングする際には、特に、例えば、加工温度を50度～300度の範囲内、より好ましくは150度～250度の範囲内とするのが好ましい。また、エッチング用ガスとして、例えば、塩素、三塩化ボロンおよび塩化水素のうちの少なくとも1種、より好ましくは塩素を用いるようにするのが好ましい。塩素を用いる場合には、その供給量を例えば100～200ml/minとするのが好ましい。なお、上部ポールチップ12aの形成が完了した時点で第1のマスク22aが残存するようにしてもよいし（図7および図16参照）、または残存しないようにしてもよい。上記のような手法を用いることにより、上部ポールチップ12aを高精度かつ短時間で形成することができる。なお、上記した下部磁極9の形成も上部ポールチップ12aの場合と同様の手法を用いて行うようにすることにより、下部磁極9もまた高精度かつ短時間で形成することができる。

### 【0073】

次に、図8（B）および図17に示したように、例えば上部ポールチップ12aを形成した場合と同様の条件により、第1のマスク22aと、絶縁膜パターン10の最前端の位置よりも後方の領域に選択的に形成した図示しないフォトレジスト膜とをマスクとして、記録ギャップ層11および下部磁極9の双方の一部を約0.5μm程度R I Eにより選択的にエッチングする。このエッチング処理により、記録ギャップ層11および下部磁極9のうちの、上部ポールチップ12aにおける先端部12a(1)の前方部分（絶縁膜パターン10の最前端の位置よりも前側の部分）に対応する部分以外の領域が選択的に除去され、トリム構造を有する磁極部分100が形成される。この磁極部分100は、上部ポールチップ12aの先端部12a(1)、下部磁極9のうちの先端部12a(1)に対応する部分（9F）および双方に挟まれた記録ギャップ層11の一部によって構成され、これらの各部位は互いにほぼ同一の幅を有している。R I Eによるエッチング処理を行うことにより、磁極部分100を高精度かつ短時間で形成することができる。特に、磁極部分100を形成するためにR I Eによるエッチング処理を行う際



には、例えば、塩素を  $20 \sim 40 \text{ ml/min}$  程度および三塩化ボロンを  $60 \sim 80 \text{ ml/min}$  程度含むエッチング用ガスを用いるようにするのが好ましい。

#### 【0074】

なお、上記の R I E によるエッチング処理中に第 1 のマスク 2 2 a がエッチングされて消失したとしても問題とはならない。このような場合には、上部ポールチップ 1 2 a 自体が、その下層領域（記録ギャップ層 1 1 および下部磁極 9）に対するエッチング用マスクとして機能するからである。ただし、エッチングによって上部ポールチップ 1 2 a の膜厚が減少することとなるので、その減少分をあらかじめ見込んで膜厚を大きめにしておくのが好ましい。ここで、部分 9 F が、本発明における「第 2 の磁極」の一具体例に対応する。

#### 【0075】

次に、図 8 (A) に示したように、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜 1 3 を約  $0.3 \sim 0.5 \mu\text{m}$  の厚みで形成する。

#### 【0076】

次に、図 8 (A) に示したように、上部ポールチップ 1 2 a の配設領域よりも後方の領域（磁路接続部 1 2 b の配設領域を除く）における平坦な絶縁膜 1 3 上に、例えば電解めっき法により、例えば銅 (C u) よりなる誘導型の記録ヘッド用の第 1 層目の薄膜コイル 1 4 を約  $1.0 \sim 2.0 \mu\text{m}$  の厚みで選択的に形成する。この薄膜コイル 1 4 は、例えば、後述する図 1 9 に示したような渦巻状の平面構造を有するものである。なお、図 8 (A) では、薄膜コイル 1 4 の一部分のみを図示している。薄膜コイル 1 4 を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部における絶縁膜 1 3 上に、コイル接続部 1 4 s を薄膜コイル 1 4 と一体に形成する。このコイル接続部 1 4 s は、薄膜コイル 1 4 と後工程において形成されるコイル接続部 1 7 s a（図 1 0 (A) 参照）とを電氣的に接続させるためのものである。なお、薄膜コイル 1 4 を形成する際には、例えば、その最外周部分における最前端が、絶縁膜パターン 1 0 の最前端の位置よりも約  $2.0 \sim 3.0 \mu\text{m}$  程度後方にずれて位置するようにする。ここで、第 1 層目の薄膜コイル 1 4 が、本発明における「第 1 の薄膜コイル層」の一具体例に対応する。

## 【 0 0 7 7 】

次に、図 8 (A) に示したように、薄膜コイル 1 4 (コイル接続部 1 4 s を含む) の各巻線間およびその周辺に、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を用いて、絶縁膜 1 5 を高精度のフォトリソグラフィ処理により所定のパターンとなるように形成する。絶縁膜 1 5 を形成する際には、フォトレジストに対して例えば 2 0 0 度程度の温度で加熱処理を施し、フォトレジストが流動して薄膜コイル 1 4 の各巻線間を隙間なく埋めつくすようにする。なお、絶縁膜 1 5 を形成する際には、絶縁膜 1 5 が薄膜コイル 1 4 および薄膜コイル接続部 1 4 s の双方の上面を覆わないようにしてもよいし (図 8 参照)、または覆うようにしてもよい。

## 【 0 0 7 8 】

次に、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナ層を約 3. 0 ~ 4. 0  $\mu$  m の厚みで成膜して、上部ポールチップ 1 2 a、磁路接続部 1 2 b、薄膜コイル 1 4 およびコイル接続部 1 4 s 等によって構成された凹凸構造領域を埋設したのち、図 9 に示したように、例えば CMP 法によりアルミナ層の表面全体を研磨して、薄膜コイル 1 4 等を埋設する絶縁膜 1 6 を形成する。なお、この場合におけるアルミナの表面研磨は、上部ポールチップ 1 2 a およびコイル磁路接続部 1 2 b の双方が露出するまで行う。アルミナの表面研磨を行う際には、例えば、研磨後の上部ポールチップ 1 2 a の厚みが約 1. 5 ~ 2. 5  $\mu$  m となるようにする。絶縁膜 1 6 の形成材料としてアルミナなどの無機絶縁材料を用いることにより、フォトレジストなどの軟絶縁材料を用いる場合とは異なり、CMP 研磨盤の研磨面が目詰まりを起こすことを防止できると共に、研磨後の表面をより平滑に形成することができる。ここで、絶縁膜 1 5、1 6 が、本発明における「第 1 の絶縁層部分」の一具体例に対応する。また、上記の研磨処理によって形成される平坦面が、本発明における「第 1 の平坦面」の一具体例に対応する。

## 【 0 0 7 9 】

次に、図 1 0 に示したように、例えば R I E またはイオンミリングにより、コイル接続部 1 4 s の上方を覆っている絶縁膜 1 6 を部分的にエッチングして、コイル接続部 1 4 s と後工程において形成されるコイル接続部 1 7 s a とを接続さ

せるための開口部 16k を形成する。

#### 【0080】

次に、図 10 に示したように、薄膜コイル 14 の上方における平坦化された絶縁膜 16 上に、第 1 層目の薄膜コイル 14 を形成した場合と同様の工程の電解めっき法により、例えば銅 (Cu) よりなる第 2 層目の薄膜コイル 17 を約 1.0 ~ 2.0  $\mu\text{m}$  の厚みで選択的に形成する。この薄膜コイル 17 は、薄膜コイル 14 と同様の平面構造を有するものである。薄膜コイル 17 を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部におけるコイル接続部 14s 上にコイル接続部 17sa を形成し、また、その外側の終端部における絶縁膜 16 上に配線接続部 17sb を形成する。コイル接続部 17sa および配線接続部 17sb は、薄膜コイル 17 と一体をなすものである。薄膜コイル 14 と薄膜コイル 17 とは、開口部 16k において、コイル接続部 14s, 17sa を介して電氣的に接続され、また配線接続部 17sb ととも電氣的に接続される。ここで、第 2 層目の薄膜コイル 17 が、本発明における「第 2 の薄膜コイル層」の一具体例に対応し、配線接続部 17sb が、本発明における「第 1 の接続パターン」の一具体例に対応する。

#### 【0081】

次に、図 10 に示したように、薄膜コイル 17 (コイル接続部 17sa および配線接続部 17sb を含む) の各巻線間およびその周辺に、絶縁膜 15 の場合と同様の材料および形成方法 (加熱処理を含む) を用いて絶縁膜 18 を選択的に形成する。なお、絶縁膜 18 を形成する場合においても、絶縁膜 18 が、薄膜コイル 17、コイル接続部 17sa および配線接続部 17sb の各部位の上面を覆わないようにしてもよい (図 10 参照)、または覆うようにしてもよい。

#### 【0082】

次に、図 10 に示したように、絶縁膜 16 の上方から上部ポールチップ 12a の後端部 12a(2) の上方にかけての領域における平坦面上に、例えば、上部ポールチップ 12a および磁路接続部 12b の場合と同様の材料および形成方法を用いて、上部磁極 12 の一部を構成することとなる中間接続部 12c を約 2.0 ~ 3.0  $\mu\text{m}$  の厚みで選択的に形成する。この中間接続部 12c は、例えば、後

述する図 1 9 に示したような平面形状を有するものである。中間接続部 1 2 c の構造的特徴については、後述する。中間接続部 1 2 c は、後端部 1 2 a (2) の一部と部分的にオーバーラップして接触し、両者は磁氣的に連結される。

#### 【 0 0 8 3 】

中間接続部 1 2 c を形成する際には、同時に、磁路接続部 1 2 b 上に上部磁極 1 2 の一部を構成することとなる磁路接続部 1 2 d を形成すると共に、配線接続部 1 7 s b 上に中間接続パターン 1 2 e を形成する。このとき、薄膜コイル 1 7 は絶縁膜 1 8 によって覆われているので、中間接続部 1 2 c 等の形成時におけるエッチング処理等による薄膜コイル 1 7 の損傷等が回避されることとなる。中間接続パターン 1 2 e は、薄膜コイル 1 4, 1 7 と後工程において形成されるコイル接続配線 1 2 f h (図 1 1 参照) とを電氣的に接続させるためのものである。磁路接続部 1 2 d および中間接続パターン 1 2 e の材質および形成方法もまた、上部ポールチップ 1 2 a 等の場合と同様である。中間接続部 1 2 c、磁路接続部 1 2 d および中間接続パターン 1 2 e の形成方法として、上部ポールチップ 1 2 a 等の場合と同様の手法を用いることにより、上記の各部位を高精度かつ短時間で形成することができる。なお、中間接続部 1 2 c を形成する際には、例えば、その最前端が、絶縁膜パターン 1 0 の最前端の位置よりも約  $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$  程度後方にずれて位置するようにするのが好ましい。また、例えば、中間接続部 1 2 c の前側の端縁部が斜面をなすようにするのが好ましい。これにより、中間接続部 1 2 c の前側の端縁部はテーパを有することとなる。ここで、中間接続部 1 2 c が、本発明における「第 3 の磁性層部分」の一具体例に対応し、接続中間パターン 1 2 e が、本発明における「第 2 の接続パターン」の一具体例に対応する。また薄膜コイル 1 4, 1 7、コイル接続部 1 4 s, 1 7 s a、配線接続部 1 7 s b および中間接続パターン 1 2 e が、本発明における「薄膜コイル部」の一具体例に対応する。

#### 【 0 0 8 4 】

次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層を約  $3.0 \sim 4.0 \mu\text{m}$  の厚みで形成したのち、図 1 1 に示したように、例えば CMP 法によりこのアルミナ絶縁層の表面全体を研磨して平坦化することにより、薄膜コイル 1 7 等を埋設する

絶縁膜 1 9 を形成する。なお、この場合におけるアルミナ絶縁層の表面研磨は、中間接続部 1 2 c、磁路接続部 1 2 d および中間接続パターン 1 2 e が露出するまで行う。ここで、絶縁膜 1 8、1 9 が、本発明における「第 2 の絶縁層部分」の一具体例に対応し、絶縁膜 1 5、1 6、1 8、1 9 が、本発明における「絶縁層」の一具体例に対応する。また、上記の研磨処理によって形成される平坦面が、本発明における「第 2 の平坦面」の一具体例に対応する。

## 【 0 0 8 5 】

次に、図 1 1 に示したように、平坦化された領域のうち、磁路接続部 1 2 d から中間接続部 1 2 c にかけての領域に、上部磁極 1 2 の一部を構成することとなる上部ヨーク 1 2 f を約 2. 0 ~ 3. 0  $\mu$ m の厚みで選択的に形成する。この上部ヨーク 1 2 f は、例えば、後述する図 1 9 に示したような平面形状を有するものであり、薄膜コイル 1 4、1 7 の上方領域に延在するヨーク部 1 2 f (1) と、ヨーク部 1 2 f (1) の前方において中間接続部 1 2 c の一部と部分的にオーバーラップするように延在する接続部 1 2 f (2) とを含んでいる。上部ヨーク 1 2 f の構造的特徴については、後述する。上部ヨーク 1 2 f は、その後方部分において、開口部 1 0 k を通じて磁路接続部 1 2 b、1 2 d を介して下部磁極 9 と磁氣的に連結されると共に、その前方部分において、中間接続部 1 2 c を介して上部ポールチップ 1 2 a と磁氣的に連結される。

## 【 0 0 8 6 】

上部ヨーク 1 2 f を形成する際には、同時に、中間接続パターン 1 2 e の上方から図示しない外部回路にかけての領域にコイル接続配線 1 2 f h を形成する。このコイル接続配線 1 2 f h は、中間接続パターン 1 2 e と図示しない外部回路とを電氣的に接続させるためのものである。上部ヨーク 1 2 f およびコイル接続配線 1 2 f h の形成材料および形成方法は、上記した上部ポールチップ 1 2 a 等の場合と同様である。このような手法を用いることにより、上部ヨーク 1 2 f およびコイル接続配線 1 2 f h もまた高精度かつ短時間で形成することができる。なお、上部ヨーク 1 2 f を形成する際には、例えば、その最前端が、中間接続部 1 2 c の前側の端縁面における上端の位置よりも後方にずれて位置するようにすると共に、その最後端の位置が、磁路接続部 1 2 b、1 2 d の最後端の位置とほ

ば一致するようにする。このときの接続部 1 2 f (2) 周辺における立体的構造は、図 1 8 に示したようになる。ここで、上部ヨーク 1 2 c が、本発明における「第 2 の磁性層部分」の一具体例に対応し、コイル接続配線 1 2 f h が、本発明における「導電層パターン」の一具体例に対応する。また、上部ポールチップ 1 2 a、中間接続部 1 2 c、磁路接続部 1 2 b, 1 2 d および上部ヨーク 1 2 f によって構成される上部磁極 1 2 が、本発明における「第 1 の磁性層」の一具体例に対応する。

## 【 0 0 8 7 】

次に、図 1 1 に示したように、全体を覆うように、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 2 0 を形成する。最後に、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面 8 0 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

## 【 0 0 8 8 】

## &lt; 薄膜磁気ヘッドの構造 &gt;

次に、図 1 9 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造について説明する。

## 【 0 0 8 9 】

図 1 9 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。なお、図 1 9 では、絶縁膜 1 5, 1 6, 1 8, 1 9 およびオーバーコート層 2 0 等の図示を省略している。また、薄膜コイル 1 4, 1 7 については、その最外周部分のみを図示し、絶縁膜パターン 1 0 については、その最外端のみを図示している。図 1 1 (A) は、図 1 9 における X I A - X I A 線に沿った矢視断面に相当する。なお、図 1 9 中の X, Y, Z 軸方向に関するそれぞれの表記については、図 1 ~ 図 1 8 の場合と同様とする。

## 【 0 0 9 0 】

図 1 9 に示したように、絶縁膜パターン 1 0 の最前端の位置は、スロートハイト (TH) を決定する際の基準となる位置、すなわちスロートハイトゼロ位置 (TH0 位置) である。スロートハイト (TH) は、絶縁膜パターン 1 0 の最前端

の位置（TH0位置）からエアベアリング面80までの長さとして規定される。  
また、図19中における「MRH0位置」は、MR膜5の最後端の位置、すなわちMRハイトゼロ位置を表している。MRハイト（MRH）は、MRハイトゼロ位置からエアベアリング面80までの長さである。スロートハイトゼロ位置（TH0位置）とMRハイトゼロ位置（MRH0位置）とは、例えば、ほぼ一致している。

## 【0091】

上部磁極12は、例えば、それぞれ別個に形成された上部ポールチップ12a、中間接続部12c、磁路接続部12b、12dおよび上部ヨーク12fによって構成されている。すなわち、上部磁極12は、これらの各部位の集合体である。

## 【0092】

上部ヨーク12fは、薄膜コイル14、17で発生した磁束を收容するたの大きな面積を有するヨーク部12f(1)と、ヨーク部12f(1)よりも小さい一定幅を有する接続部12f(2)とを含んでいる。ヨーク部12f(1)の幅は、例えば、その後方部においてはほぼ一定であり、その前方部においてはエアベアリング面80に近づくにつれて徐々に狭まるようになっている。また、接続部12f(2)の幅は、例えば、後述する中間接続部12cの幅よりも大きくなっている。ただし、必ずしもこのような場合に限らず、例えば、前者の幅が後者の幅よりも小さくなるようにしてもよい。

## 【0093】

中間接続部12cは、例えば、矩形状の平面形状を有するものであり、その幅は、後述する上部ポールチップ12aにおける後端部12a(2)の幅よりも大きくなっている。ただし、前者の幅が後者の幅よりも小さくなるようにしてもよい。

## 【0094】

上部ポールチップ12aは、例えば、エアベアリング面80から順に先端部12a(1)および後端部12a(2)を含んでおり、両者は矩形状の平面形状を有するものである。先端部12a(1)は、その全域にわたってほぼ一定な幅を有し、

この幅は記録時の記録トラック幅を画定するものである。後端部 1 2 a (2) の幅は、先端部 1 2 a (1) の幅よりも大きくなっている。すなわち、先端部 1 2 a (1) と後端部 1 2 a (2) との連結部分には、幅方向の段差が形成されている。

## 【 0 0 9 5 】

上部ポールチップ 1 2 a の段差部における後端部 1 2 a (2) 側の段差面 1 2 a d は、例えば、T H 0 位置（または M R H 0 位置）の位置よりも後方にずれて位置している。中間接続部 1 2 c の前側の端縁面 1 2 c t は、例えば、段差面 1 2 a d の位置よりも後方にずれて位置し、上部ヨーク 1 2 f の前側の端縁面 1 2 f t は、例えば、端縁面 1 2 c t の位置よりも後方にずれて位置している。すなわち、中間接続部 1 2 c および上部ヨーク 1 2 f は、共にエアベアリング面 8 0 から離れて位置するように配設されている。なお、中間接続部 1 2 c および上部ヨーク 1 2 f の配設位置は、必ずしも上記のような場合に限らず、例えば、端縁面 1 2 c t の位置が段差面 1 2 a d の位置と一致するようにしてもよいし、または端縁面 1 2 c t および端縁面 1 2 f t の双方の位置が段差面 1 2 a d の位置と一致するようにしてもよい。上部ヨーク 1 2 f、中間接続部 1 2 c および上部ポールチップ 1 2 a の各幅方向の中心は互いに一致している。

## 【 0 0 9 6 】

上部ポールチップ 1 2 a における先端部 1 2 a (1) の側縁面と段差面 1 2 a d とが交わるコーナー部における角度  $\gamma$  は、例えば 9 0 度である。なお、このコーナー部の角度  $\gamma$  は必ずしもこれに限られるものではなく、例えば 9 0 度ないし 1 2 0 度の範囲内となるようにするのが好適である。角度  $\gamma$  を上記の範囲内とすることにより、後端部 1 2 a (2) から先端部 1 2 a (1) に流入する磁束の流れを円滑化することができるためである。上部ポールチップ 1 2 a が上記のような構造的特徴を有するようにするためには、上部ポールチップ 1 2 a を形成する際に用いられる第 1 のマスク 2 2 a（図 6、図 1 5 参照）のうちの、上記のコーナー部に対応する部分が同様の角度を有するようにすることで可能となる。

## 【 0 0 9 7 】

図 1 1 (A)、図 1 8 および図 1 9 に示したように、上部ヨーク 1 2 f の前側の一部は、中間接続部 1 2 c の一部と部分的にオーバーラップして磁氣的に連結



され、また中間接続部 12c の一部もまた、上部ポールチップ 12a の後端部 12a(2) の一部と部分的にオーバーラップして磁氣的に連結されている。一方、図 11(A) および図 19 に示したように、上部ヨーク 12f の後方の一部は、開口部 10k において、磁路接続部 12b, 12d を介して下部磁極 9 と磁氣的に連結されている。すなわち、上部磁極 12 (上部ポールチップ 12a, 中間接続部 12c, 磁路接続部 12b, 12d, 上部ヨーク 12f) と下部磁極 9 とが接続されることにより、磁束の伝搬経路、すなわち磁路が形成されている。

## 【0098】

図 19 に示したように、薄膜コイル 14, 17 は、共に渦巻状の平面形状を有する巻線体である。薄膜コイル 14 の内側の終端部および外側の終端部には、それぞれコイル接続部 14s および端子 14x が形成されている。両者は、薄膜コイル 14 と一体をなすものである。薄膜コイル 17 の内側の終端部および外側の終端部には、それぞれコイル接続部 17sa および配線接続部 17sb が形成されている。両者は、共に薄膜コイル 17 と一体をなすものである。薄膜コイル 14, 17 は、コイル接続部 14s, 17sa を介して電氣的に接続されている。また、コイル接続部 17sb 上には中間接続パターン 12e が形成されており、薄膜コイル 14, 17 とコイル接続配線 12fh とは、コイル接続部 17sb および中間接続パターン 12e を介して電氣的に接続されている。端子 14x およびコイル接続配線 12fh の後端部 (図示せず) は、共に図示しない外部回路に接続されており、この外部回路によって薄膜コイル 14, 17 を通電させることができるようになっている。

## 【0099】

## 〈薄膜磁気ヘッドの作用〉

次に、図 11(A)、図 18 および図 19 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの作用について説明する。

## 【0100】

ここでは、薄膜磁気ヘッドの基本的動作、すなわち、記録媒体に対するデータの記録動作および記録媒体からのデータの再生動作について簡単に説明する。

## 【0101】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に図示しない外部回路を通じて薄膜コイル14、17に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部ヨーク12f内をヨーク部12f(1)から接続部12f(2)へ伝搬し、上部ヨーク12fと磁氣的に連結されている中間接続部12cおよび上部ポールチップ12aの後端部12a(2)を経由して先端部12a(1)へ伝搬する。先端部12a(1)へ伝搬した磁束は、さらにそのエアベアリング面80側の先端部分に到達し、記録ギャップ層11近傍の外部に記録用の信号磁界を発生させる。この信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

## 【0102】

一方、再生時においては、再生ヘッド部のMR膜5にセンス電流を流す。MR膜5の抵抗値は、磁気記録媒体からの再生信号磁界に応じて変化するので、その抵抗変化をセンス電流の変化によって検出することにより、磁気記録媒体に記録されている情報を読み出すことができる。

## 【0103】

<薄膜磁気ヘッドの製造方法における作用および効果>

次に、図12～図17を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における特徴的な作用および効果を説明する。

## 【0104】

本実施の形態では、フレームめっき法によって形成されためっき膜よりなる第2のマスク32a(図13参照)を用いて、第1のマスク前駆層122aをRIEによってパターニングすることによりマスク前駆体22zを形成したのち(図14参照)、このマスク前駆体22zのうちの部分22z(1)の一部をイオンミリングによってエッチングすることにより第1のマスク22aを形成するようにしている(図15参照)。このイオンミリングにによって、第1のマスク22aの部分22a(1)の幅は高精度に狭小化され、その幅W2はマスク前駆体22zの部分22z(1)の幅W1よりも小さくなる。ここで、マスク前駆体22zにおける部分22z(1)の形成限界幅は、上記のように第2のマスク32aを形成す

るためのフレーム（フォトリジストパターン132a；図12参照）の微小幅領域132x(1)の形成限界幅に依存し、約0.3 $\mu$ m程度である。すなわち、マスク前駆層22zを形成したのち、これにイオンミリングによるエッチング処理を施すことにより、最終的に形成される第1のマスク22aの部分22a(1)の幅を従来よりも狭小化することができるのである。より具体的には、部分22a(1)の幅が0.3 $\mu$ m以下となるようにすることが可能となる。このような手法によって形成された第1のマスク22aを用いることにより、上部ポールチップ12aの先端部12a(1)の幅と共に磁極部分100の磁極幅もまた高精度に狭小化（例えば、0.3 $\mu$ m以下）することができる（図16、図17参照）。

## 【0105】

また、本実施の形態では、イオンミリングによるエッチング処理によって第1のマスク22aを形成すると同時に、上部ポールチップ前駆層112aのうちの第1のマスク22aの形成領域以外の表層部分をもエッチングして掘り下げるようにしている。ここで、上部ポールチップ前駆層112aのうちの上記の部分（表層部分）は、後工程において上部ポールチップ12aを形成するためにRIEによってエッチングされる部分でもある。このため、後工程においてRIEによるエッチング処理を行う際のエッチング量が少なく済む。したがって、後工程においてRIEによるエッチング処理に要する時間を短縮することができる。

## 【0106】

以上のように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、マスク前駆体22zに対してイオンミリングによるエッチング処理を施すことによって第1のマスク22aを形成するようにしたので、上記のエッチング処理を施さない場合とは異なり、第1のマスク22aの部分22a(1)の幅を高精度に狭小化することができる。したがって、この第1のマスク22aを用いることにより、上部ポールチップ12aの先端部12a(1)の幅もまた同様に高精度に狭小化することができる。

## 【0107】

また、本実施の形態では、イオンミリングによるエッチング処理によって第1のマスク22aを形成すると同時に、上部ポールチップ前駆層112aのうちの

第1のマスク22aの形成領域以外の領域もエッチングするようようにしたので、後工程において上部ポールチップ12aを形成する際のRIEによるエッチング処理に要する時間を短縮することができる。

## 【0108】

また、本実施の形態では、イオンミリングによるエッチング処理を行う際に、その途中においてイオンビームの照射角度を変更して最適化するようにしたので、第1のマスク22aの形成（つまり、マスク幅の狭小化）および上部ポールチップ前駆層112aの掘り下げ加工を高精度かつ短時間で行うことができる。

## 【0109】

また、本実施の形態では、第1のマスク前駆層122aの形成方法として、CVD法、特に、100Pa以下の低圧下におけるLP-CVD法を用いるようにしたので、第1のマスク前駆層122aが緻密に形成され、結果として、第1のマスク22aが後工程（RIE工程）においてエッチングされにくくすることができる。

## 【0110】

また、本実施の形態では、第1のマスク22aを形成するためにイオンミリングによるエッチング処理を行う際に、第2のマスク32aもエッチングして、エッチング処理の完了時において第2のマスク32aが残存しないようにしたので、第2のマスク32aが残存する場合とは異なり、上部ポールチップ12aを高精度に形成することができる。

## 【0111】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ前駆層112aを形成したのち、その表面を研磨して平坦化するようにしたので、第2のマスク32aを形成するためのフォトレジストパターン132aにおける微小幅領域132x(1)（図12参照）を高精度に形成することができる。

## 【0112】

また、本実施の形態では、第1のマスク前駆層122aの形成材料として、アルミナなどの比較的反射率の低い無機材料を用いるようにしたので、フォトレジストパターン132aを形成するためのフォトリソグラフィ工程における下地（

第1のマスク前駆層122a)からの反射光の発生自体をも抑制することができる。この点でも、フォトリジストパターン132aにおける微小幅領域132x(1)の形成精度の向上に寄与することとなる。

#### 【0113】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ12aを形成する際に、上部ポールチップ前駆層112aをパターニングするための手法としてRIEを用いているので、イオンミリングを用いていた従来の場合よりも上部ポールチップ12aを極めて短時間で形成することが可能となる。このような作用および効果は、上部ポールチップ12aを形成する場合と同様の手法によって他の磁性層部分(下部磁極9, 中間接続部12c, 磁路接続部12b, 12d, 上部ヨーク12f)や磁極部分100などを形成する場合についても得られる。このため、薄膜磁気ヘッド全体の製造に要する時間を短縮することができる。なお、上記のようにRIEによって磁極部分100を形成することにより、先端部12a(1)および部分9Fをイオンミリングによって加工し、記録ギャップ層11の選択的除去をRIEによって加工する場合よりも加工時間を短縮することができる。

#### 【0114】

また、本実施の形態では、マスク前駆体22zをRIEによるエッチング処理によって形成する際に、エッチング用ガスとして、塩素( $\text{Cl}_2$ ), 三塩化ボロン( $\text{BCl}_3$ ), 塩化水素( $\text{HCl}$ ), 四フッ化炭素( $\text{CF}_4$ ), 六フッ化硫黄( $\text{SF}_6$ )および三臭化ボロン( $\text{BBr}_3$ )のうちの少なくとも1種を選択すると共に、加工時の温度が50度~300度の範囲内となるように調整しているので、エッチング条件が最適化されることにより、マスク前駆体22zをより高精度かつ短時間で形成することができる。

#### 【0115】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ12a等の各磁性層部分や磁極部分100をRIEによるエッチング処理によって形成する際に、エッチング用ガスとして、塩素( $\text{Cl}_2$ ), 三塩化ボロン( $\text{BCl}_3$ )および塩化水素( $\text{HCl}$ )のうちの少なくとも1種を選択すると共に、加工時の温度が50度~300度の範囲内となるように調整しているので、エッチング条件が最適化されることに

より、上部ポールチップ 1 2 a 等の各磁性層部分や磁極部分 1 0 0 をより高精度かつ短時間で形成することができる。

## 【 0 1 1 6 】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a の形成材料として窒化鉄やアモルファス合金（ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金）などを用い、これらの材料よりなる上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a を R I E によってエッチングすることにより上部ポールチップ 1 2 a を形成するようにしているので、パーマロイよりなるめっき膜をイオンミリングによってエッチングしていた従来の場合とは異なり、上部ポールチップ 1 2 a を高精度に形成することができる。このような作用および効果は、同様の材料および手法を用いて上部ポールチップ 1 2 a 以外の他の磁性層部分を形成する場合についても得られる。この結果、図 1 7 に示したように、磁極部分 1 0 0 の磁極幅がその全域にわたって一定となるため、安定した記録特性を得ることができると共に、記録密度を高めるための磁極幅の狭小化にも対応することができる。また、特に、上部磁極 1 2 および下部磁極 9 の形成材料として高飽和磁束密度を有する窒化鉄等を用いることにより、磁極部分 1 0 0 の磁極幅を極狭小化した場合においても、磁束の飽和現象を防止し、優れたオーバーライト特性を確保することができる。

## 【 0 1 1 7 】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a をパターニングするための第 1 のマスク 2 2 a の形成材料として、被エッチング速度の遅いアルミナなどの無機材料を用いるようにしたので、第 1 のマスク 2 2 a の形成材料として被エッチング速度の速いフォトレジスト膜などの軟材料を用いる場合よりも、第 1 のマスク 2 2 a 自体の被エッチング量を低減させることができ、結果として、最終的に形成される上部ポールチップ 1 2 a の厚みの目減りを低減させることが可能となる。このような効果は、アルミナよりなる他のマスク 2 2 b 等を用いて形成される磁路接続部 1 2 b 等についても同様である。

## 【 0 1 1 8 】

また、本実施の形態では、マスク前駆体 2 2 z を R I E によるエッチング処理によって形成するようにしたので、イオンミリングを用いる場合よりも、マスク

前駆体 2 2 z の形成に要する所要時間を短縮することができる。この点でも、薄膜磁気ヘッド全体の製造時間の短縮に寄与することとなる。

#### 【 0 1 1 9 】

また、本実施の形態では、図 1 0 および図 1 1 に示したように、配線接続部 1 7 s b 上に中間接続パターン 1 2 e を配設して、中間接続パターン 1 2 e の上面位置が、中間接続部 1 2 c および磁路接続部 1 2 d の双方の上面の位置よりも高くなるようにしたので、これらの各部位をアルミナによって覆ったのち、絶縁膜 1 9 を形成するためにアルミナの表面を研磨したときに、中間接続部 1 2 c および磁路接続部 1 2 d の双方と共に中間接続パターン 1 2 e をも露出させることができる。このため、中間接続パターン 1 2 e を形成しない場合とは異なり、配線接続部 1 7 s b とコイル接続配線 1 2 f h とを接続させるために、絶縁膜 1 9 の一部を除去して開口部を形成する工程が不要となる。しかも、中間接続パターン 1 2 e は、中間接続部 1 2 c および磁路接続部 1 2 d と同一工程によって形成されるので、中間接続パターン 1 2 e を形成するために新たな工程を必要としない。したがって、製造工程数を削減することができる。

#### 【 0 1 2 0 】

また、本実施の形態では、薄膜コイル 1 4 (コイル接続部 1 4 s を含む) および薄膜コイル 1 7 (コイル接続部 1 7 s a およびコイル接続配線 1 7 s b を含む) の双方の各巻線間を埋め込む絶縁膜 1 5, 1 8 の形成材料として、加熱時に流動性を示すフォトレジストなどの有機絶縁材料を用いるようにしたので、加熱時に流動性を示さないアルミナなどの無機絶縁材料を用いる場合とは異なり、薄膜コイル 1 4, 1 7 等の各巻線間を隙間なく埋めつくすことができ、確実に絶縁することができる。

#### 【 0 1 2 1 】

また、本実施の形態では、図 7 および図 1 6 に示したように、上部ポールチップ 1 2 a を形成するために、上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a を R I E によって選択的にエッチングする際、絶縁膜パターン 1 0 および記録ギャップ層 1 1 の双方の一部もエッチングするようにしたので、薄膜コイル 1 4 の配設領域の表面の位置が上部ポールチップ 1 2 a の後端部 1 2 a (2) の下面の位置よりも低くなる

。このため、薄膜コイル 1 4 の上方には十分な厚みを有する絶縁膜 1 6 が存在することとなるので、薄膜コイル 1 4 と後工程において形成される薄膜コイル 1 7 との間を確実に絶縁することができる。

#### 【 0 1 2 2 】

また、本実施の形態では、第 1 のマスク 2 2 a のうちの、上部ポールチップ 1 2 a における先端部 1 2 a (1) の側縁面と段差面 1 2 a d とが交わるコーナー部に対応する部分の角度が 9 0 度ないし 1 2 0 度の範囲内となるようにしたので、形成される上部ポールチップ 1 2 a のコーナー部  $\gamma$  もまた同範囲内となるようにすることができる。このため、上部ポールチップ 1 2 a の後端部 1 2 a (2) から先端部 1 2 a (1) へ向かう磁束の流れを円滑化することができる。

#### 【 0 1 2 3 】

また、本実施の形態では、絶縁膜パターン 1 0 の前端縁部近傍が斜面をなすようにしたので、この斜面部の上方領域における上部ポールチップ 1 2 a 内の磁束の流れを円滑化することができる。

#### 【 0 1 2 4 】

また、本実施の形態では、中間接続部 1 2 c の前側の端縁面が斜面をなすようにしたので、中間接続部 1 2 c から上部ポールチップ 1 2 a へ流入する磁束の流れを円滑化することができる。

#### 【 0 1 2 5 】

また、本実施の形態では、中間接続部 1 2 c および上部ヨーク 1 2 f をそれぞれ研磨処理後の平坦面上に形成するようにしているので、双方を高精度に形成することができる。

#### 【 0 1 2 6 】

また、本実施の形態では、中間接続部 1 2 c および上部ヨーク 1 2 f のそれぞれの最前端が、エアベアリング面 8 0 の位置よりも後方にずれて位置するようにしたので、これらの部位からエアベアリング面 8 0 側に対して磁束が直接放出されることを回避することができる。このため、サイドイレース現象の発生を防止することができる。



## 【0127】

なお、本実施の形態では、イオンミリングによるエッチング処理を行う際に、その処理の途中においてイオンビームの照射角度を1回変更するようにしたが、必ずしもこのような場合に限られるものではなく、例えば、2回以上変更するようにしてもよいし、または変更しないようにしてもよい。イオンビームの照射角度は、上記の実施の形態で示したような場合（例えば45度や75度程度）に限らず、エッチング状況等に応じて任意に設定することができる。

## 【0128】

また、本実施の形態では、マスク前駆体22zの部分22z(1)の幅を縮小化して第1のマスク22aを形成するためのエッチング処理（イオンミリング）と、上部ポールチップ前駆層112aを選択的に掘り下げるためのエッチング処理（イオンミリング）との双方を行うようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、いずれか一方のみを行うようにしてもよい。

## 【0129】

第1のマスク22aを形成するためのエッチング処理のみを行う場合には、イオンミリングによるエッチング処理によって第1のマスク22aを形成したのち、この第1のマスク22aを用いて、上部ポールチップ前駆層112aをRIEによって一括してパターニングすることにより上部ポールチップ12aを形成する。なお、この場合のエッチング処理（イオンミリング）時には、例えば、図15に示した垂線Sからの幅方向における傾き角度が約 $75 \pm 15$ 度程度の方角からイオンビームを照射するようにするのが好ましい。このような場合においても、最終的に形成される上部ポールチップ12aの先端部12a(1)の幅を高精度に極狭小化することができる。

## 【0130】

一方、上部ポールチップ前駆層112aを選択的に掘り下げるためのエッチング処理のみを行う場合には、イオンミリングによるエッチング処理によって上部ポールチップ前駆層112aを選択的に掘り下げたのち、マスク前駆体22zをマスクとして用いて、前者の場合と同様にRIEによって上部ポールチップ12aを形成する。なお、この場合のエッチング処理（イオンミリング）時には、例

えば、図 1 5 に示した垂線 S からの幅方向における傾き角度が約  $45 \pm 15$  度程度の方向からイオンビームを照射するようにするのが好ましい。このような場合には、イオンミリングによるエッチング処理を前処理として施しておくことにより、後工程において R I E によるエッチング処理を施す際のエッチング量が低減し、エッチング処理に要する時間が短縮することとなる。これにより、R I E によるエッチング処理時におけるエッチング幅の拡大を防止することができる。なぜなら、R I E によるエッチング処理に要する時間が長すぎると、エッチング生成物の再付着現象が発生し、エッチング幅が拡大してしまうからである。

#### 【0 1 3 1】

また、本実施の形態では、薄膜磁気ヘッドを構成する各磁性層部分を形成するための磁性材層の形成材料として、窒化鉄やアモルファス合金（ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金）などを用いるようにしたが、これらの材料の他、例えばパーマロイなどを用いるようにしてもよい。ただし、磁性材層の形成材料としてパーマロイを用いる場合には、その組成中におけるニッケル（N i）の割合を例えば 4 5 % 以下とするのが好ましい。このように組成中におけるニッケルの割合を減少させることにより、R I E によるエッチング処理時におけるエッチング生成物の再付着を防止することができる。

#### 【0 1 3 2】

また、本実施の形態では、第 1 のマスク前駆層 1 2 2 a の形成方法として C V D 法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えばスパッタリングを用いるようにしてもよい。ただし、第 1 のマスク 2 2 a（第 1 のマスク前駆層 1 2 2 a）を用いて上部ポールチップ前駆層 1 1 2 a を R I E によってエッチングする際の両者のエッチング速度を考慮するならば、C V D 法を用いるようにするのがより好ましい。

#### 【0 1 3 3】

また、本実施の形態では、下部シールド層 3 および上部シールド層 7 の形成に電解めっき法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、双方またはいずれか一方の部位の形成にスパッタリングを用いるようにしてもよい。このような場合における形成材料としては、上記したパーマロイの他

、窒化鉄を用いるようにしてもよい。このように、上部ポールチップ 1 2 a 等の場合と同様の手法を用いることにより、各部位を高精度かつ短時間で形成することができ、この点でも薄膜磁気ヘッド全体の製造時間の短縮に寄与することとなる。

## 【 0 1 3 4 】

また、本実施の形態では、上部シールド層 7 および下部磁極 9 を別体として形成し、両者の間に絶縁膜 8 を配設するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、両者の間に絶縁膜 8 を配設しないようにしてもよい。このような場合には、上部シールド層 7 および下部磁極 9 を一体として形成し、単層となるようにしてもよい。

## 【 0 1 3 5 】

また、本実施の形態では、磁極部分 1 0 0 を構成する上部ポールチップ 1 2 a の先端部 1 2 a (1) および下部磁極 9 の部分 9 F を連続的に形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば部分 9 F を下部磁極 9 の形成直後に形成するようにしてもよい。

## 【 0 1 3 6 】

また、本実施の形態では、絶縁膜 1 5, 1 8 の形成材料としてフォトレジストを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、フォトレジストと同様に加熱時に流動性を示すポリイミド樹脂や S O G (Spin on glass) などを用いるようにしてもよい。

## 【 0 1 3 7 】

また、本実施の形態では、記録ギャップ層 1 1 の形成材料としてアルミナを用い、またその形成手法としてスパッタリングを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。記録ギャップ層 1 1 の形成材料としては、アルミナその他、例えば窒化アルミニウム (A l N)、シリコン酸化物、シリコン窒化物などの無機絶縁材料を用いるようにしてもよいし、またはタンタル (T a)、チタングステン (W T i)、窒化チタン (T i N) などの非磁性金属を用いるようにしてもよい。また、記録ギャップ層 8 の形成方法としては、スパッタリングその他、C V D (Chemical Vapor Deposition) 法を用いるようにしてもよい。こ

のような方法を用いて記録ギャップ層 1 1 を形成することにより、ギャップ層内にピンホールなどが含有されることを抑制できるので、記録ギャップ層 1 1 を介する磁束の漏れを回避することができる。このような効果は、特に、記録ギャップ層 1 1 の厚みを薄くした場合に有益である。

## 【 0 1 3 8 】

また、本実施の形態では、薄膜コイル 1 4， 1 7 のそれぞれの内側の終端部にコイル接続部 1 4 s， 1 7 s a を配設し、薄膜コイル 1 7 の外側の終端部に配線接続部 1 7 s b を配設するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、上記の部位の配設位置を前者については内側から外側へ、また後者については外側から内側へと変更するようにしてもよい。このような場合には、配線接続部 1 7 s b の配設位置の変更と共に、中間接続パターン 1 2 e およびコイル接続配線 1 2 f h の配設位置も同様に変更するようにするのが好適である。

## 【 0 1 3 9 】

## &lt;変形例 1 - 1&gt;

また、本実施の形態では、図 1 7 に示したように、上部ポールチップ 1 2 a の先端部 1 2 a (1) と後端部 1 2 a (2) との連結位置が絶縁膜パターン 1 0 の最前端的な位置よりも後方にずれるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図 2 0 に示したように、上記の連結位置が前方にずれるようにしてもよい。このような場合には、先端部 1 2 a (1) の長さを短くできると共に、先端部 1 2 a (1) よりも大きい磁気ボリュームを有する後端部 1 2 a (2) をよりエアベアリング面側（図 2 0 における手前側）に近づけることができるので、オーバーライト特性を向上させることができる。なお、図 2 0 において、上記の点以外の上部ポールチップ 1 2 a 等の構造的特徴は、図 1 7 に示した場合と同様である。

## 【 0 1 4 0 】

## &lt;変形例 1 - 2&gt;

また、本実施の形態では、上部ヨーク（1 2 f）が窒化鉄の単層構造からなる場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば図 2 1 に示したように、上部ヨークが、例えば窒化鉄などの高飽和磁束密度材層 9 1 と

、例えばアルミナなどの無機絶縁材層 92 とが交互に積層された構造よりなる (212f) ようにしてもよい。上部ヨークをこのような構造とすることにより、磁路における渦電流の発生を防止し、高周波特性を向上させることができる。なお、上記の高飽和磁束密度材層 91 および無機絶縁材層 92 の双方の形成も RIE によって行うことにより、形成時間を短縮することができる。なお、図 21 において、上部ヨーク 212f 以外の部分は、上記の図 11 の場合と同様である。

#### 【0141】

また、本実施の形態では、第 2 のマスク (32a) を電解めっき法によってめっき膜として形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。以下では、図 22～図 25 を参照して、電解めっき法以外の方法を用いて第 2 のマスクを形成する場合について説明する。なお、図 22～図 25 において、図 12 に示した構成要素と同一の部分には同一の符号を付し、それらの部分の説明を適宜省略するものとする。

#### 【0142】

#### <変形例 1-3>

図 22 および図 23 は、本実施の形態の第 3 の変形例を説明するためのものである。本変形例では、まず、図 22 に示したように、第 1 のマスク前駆層 122a 上に、例えばスパッタリングにより、例えば窒化鉄よりなる第 2 のマスク前駆層 142a を形成する。次に、第 2 のマスク前駆層 142a 上の所定の位置に、例えばフォトリソ膜よりなる第 3 のマスク 52a を配設し、これをエッチングマスクとして、例えば RIE またはイオンミリングによって第 2 のマスク前駆層 142a を選択的にエッチングすることにより、図 23 に示したように第 2 のマスク 42a を形成する。このときの第 3 のマスク 52a は、上部ポールチップ 12a の平面形状に対応する形状を有するものである。第 2 のマスク 42a の形成以降の工程は、上記実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。このような第 2 のマスク 42a を用いた場合においても、上記実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。なお、第 2 のマスク前駆層 142a の形成材料としては、窒化鉄以外の金属（例えばパーマロイなど）を用いるようにしてもよい。このような場合には、パーマロイなどを電解めっき法によって全面にめ

つき成長させて第2のマスク前駆層142aを形成するようにしてもよい。ここで、第2のマスク前駆層142aが、本発明における「金属層」の一具体例に対応し、第2のマスク42aが、本発明における金属層の選択的エッチングによって形成される「金属膜パターン」としての「第2のマスク」の一具体例に対応する。

## 【0143】

## ＜変形例1-4＞

図24および図25は、本実施の形態の第4の変形例を説明するためのものである。本変形例では、まず、図24に示したように、第1のマスク前駆層122a上に、例えばフォトレジスト膜よりなる第2の前駆層162aを形成する。次に、第2のマスク前駆層162a上の所定の位置に第3のマスク72aを配設し、これをエッチングマスクとして、例えばRIEまたはイオンミリングによって第2のマスク前駆層162aを選択的にエッチングしてパターンニングすることにより、図25に示したように第2のマスク62aを形成する。このときの第3のマスク72aは、上部ボールチップ12aの平面形状に対応する形状を有するものである。第2のマスク62aの形成以降の工程は、上記実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。このような第2のマスク62aを用いた場合においても、上記実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。なお、第2のマスク前駆層162aをパターンニングする場合には、必ずしもエッチング処理を用いなければならないものではなく、例えばフォトリソグラフィ処理を用いるようにしてもよい。ここで、第2のマスク62aが、本発明における「フォトレジスト膜パターン」としての「第2のマスク」の一具体例に対応する。

## 【0144】

## 〔第2の実施の形態〕

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

## 【0145】

まず、図26～図30を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製

造方法によって具現化されるので、以下併せて説明する。図 2 6 ～ 図 2 8 において、(A) はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B) は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図 2 9 および図 3 0 は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図 2 9 は図 2 6 に示した状態に対応し、図 3 0 は図 2 8 に示した状態に対応する。ただし、図 2 9 では、図 2 6 における絶縁膜 3 1 等の図示を省略し、図 3 0 では、図 2 8 における薄膜コイル 3 2、絶縁膜 3 3、3 4 およびオーバーコート層 3 5 等の図示を省略している。なお、図 2 6 ～ 図 3 0 において、各図中の X、Y、Z 軸方向に関する表記は、上記第 1 の実施の形態の場合と同様とし、また各図中の上記第 1 の実施の形態における構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。

## 【 0 1 4 6 】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法において、図 2 6 における上部ポールチップ 1 2 a および磁路接続部 1 2 b を形成するところまでの工程は、上記第 1 の実施の形態における図 7 に示した同工程までと同様であるので、その説明を省略する。

## 【 0 1 4 7 】

本実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 a および磁路接続部 1 2 b を形成したのち、図 2 6 および図 2 9 に示したように、第 1 のマスク 2 2 a および他のマスク 2 2 b の双方をマスクとして、上記第 1 の実施の形態において磁極部分 1 0 0 を形成した場合と同様の R I E によるドライエッチングを行うことにより、トリム構造を有する磁極部分 2 0 0 を形成する。このエッチング処理により、双方のマスクに対応する部分以外の領域における記録ギャップ層 1 1、絶縁膜パターン 1 0 および下部磁極 9 のそれぞれの一部が選択的に除去され、特に、エッチング領域における下部磁極 9 の表面の位置は非エッチング領域における表面の位置よりも低くなる。このような R I E によるエッチング処理を用いることにより、イオンミリングを用いた場合よりも磁極部分 2 0 0 を高精度かつ短時間で形成することができる。磁極部分 2 0 0 は、上部ポールチップ 1 2 a の先端部 1 2 a ( 1 ) と、下部磁極 9 のうちの先端部 1 2 a ( 1 ) に対応する部分 ( 9 Z ) と、双方に挟まれた記録ギャップ層 1 1 および絶縁膜パターン 1 0 のそれぞれの一部とに

よって構成され、これらの各部位は互いに同一の幅を有している。なお、磁極部分200を形成する際には例えば、下部磁極9が約0.3～0.5 $\mu$ m程度エッチングされるようにする。ここで、部分9Zが、本発明における「第2の磁極」の一具体例に対応する。

## 【0148】

次に、図26および図29に示したように、例えばアルミナよりなる絶縁膜31を約0.3～0.5 $\mu$ m程度の厚みで形成する。

## 【0149】

次に、図27に示したように、上部ポールチップ12aの配設領域よりも後方の領域（磁路接続部12bの配設領域を除く）における平坦な絶縁膜31上に、例えば電解めっき法により、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル32を約1.0～2.0 $\mu$ m程度の厚みで形成する。この薄膜コイル32は、例えば上記第1の実施の形態における薄膜コイル14と同様の構造的特徴を有するものである。薄膜コイル32を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部における絶縁膜31上に、コイル接続部32sを薄膜コイル32と一体に形成する。ここで、薄膜コイル32が、本発明における「第1の薄膜コイル層」に対応し、薄膜コイル32およびコイル接続部32sが、本発明における「薄膜コイル部」の一具体例に対応する。

## 【0150】

次に、図27に示したように、薄膜コイル32（コイル接続部32sを含む）の各巻線間およびその周辺領域に、例えばフォトレジストよりなる絶縁膜33を高精度のフォトリソグラフィ処理により所定のパターンとなるように形成する。なお、絶縁膜33の形成方法は、上記第1の実施の形態における絶縁膜15の場合（加熱処理を含む）と同様である。次に、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナを約3.0～4.0 $\mu$ mの厚みで成膜したのち、例えばCMP法により上部ポールチップ12aおよび磁路接続部12bの双方が露出するまでアルミナの表面全体を研磨して、薄膜コイル32等を埋設する絶縁膜34を形成する。ここで、上記の研磨処理によって形成される平坦面が、本発明における「第1の平坦面」の一具体例に対応する。



## 【0151】

次に、図28に示したように、例えばR I Eまたはイオンミリングにより、コイル接続部32sの上方を覆っている絶縁膜34の一部を部分的にエッチングして、コイル接続部32sと後工程において形成されるコイル接続配線42fhとを接続させるための開口部34kを形成する。

## 【0152】

次に、図28に示したように、磁路接続部12bの上方から上部ポールチップ12aの後端部12a(2)の上方にかけての領域に、上部磁極42の一部を構成することとなる上部ヨーク42fを約2.0～3.0 $\mu$ m程度の厚みで選択的に形成する。上部ヨーク42fを形成する際には、同時に、開口部34kの上方から後方にかけての領域にコイル接続配線42fhを選択的に形成する。

## 【0153】

上部ヨーク42fおよびコイル接続配線42fhの形成は、上記第1の実施の形態における上部ポールチップ12a等の場合と同様の手法を用いて行う。すなわち、まず、スパッタリングによって窒化鉄層を全面に成膜したのち、窒化鉄層の表面を例えばCMP法によって研磨して平坦化する。続いて、平坦化された窒化鉄層上にアルミナ層を形成したのち、このアルミナ層上の所定の位置に、例えばフレームめっき法によってめっき膜よりなる第2のマスク（図28では図示せず）を形成する。続いて、この第2のマスクを用いて、アルミナ層に対して所定の条件下におけるエッチング処理（R I E）を施すことによりマスク前駆体を形成したのち、このマスク前駆体に対して所定の条件下におけるエッチング処理（イオンミリング）を施すことにより第1のマスクを形成する。最後に、この第1のマスクを用いて窒化鉄層に対して所定の条件下におけるエッチング処理（R I E）を施す。このような手法を用いることにより、上記の第1のマスクの一部を高精度に狭小化することができると共に、上部ヨーク42fおよびコイル接続配線42fhを高精度かつ短時間で形成することができる。図28では、上部ヨーク42f等を形成するためのエッチング処理によって、上記の第1のマスク自体がエッチングされて消失した場合を示している。上部ヨーク42fは、例えば、後述する図31に示したような平面形状を有するものである。上部ヨーク42f

の構造的特徴については、後述する。なお、上部ヨーク 4 2 f を形成する際には、例えば、その最前端が、絶縁膜パターン 1 0 の最前端の位置 (T H 0 位置) よりも約 0. 5 ~ 1. 0  $\mu$  m 程度後方にずれて位置するようにすると共に、少なくともその前端部近傍がテーパを有するようにする。このときの上部ヨーク 4 2 f の周辺における立体的構造は、図 3 0 に示したようになる。ここで、上部ヨーク 4 2 f が、本発明における「第 2 の磁性層部分」の一具体例に対応し、上部ポールチップ 1 2 a、磁路接続部 1 2 b および上部ヨーク 4 2 f によって構成される上部磁極 4 2 が、本発明における「第 1 の磁性層」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 5 4 】

次に、図 2 8 に示したように、全体を覆うようにして、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 3 5 を形成したのち、機械加工や研磨工程によってエアベアリング面 8 0 を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

## 【 0 1 5 5 】

図 3 1 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。図 3 1 において、上記第 1 の実施の形態における図 1 9 に示した構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。なお、図 3 1 では、絶縁膜 3 3、3 4 およびオーバーコート層 3 5 等の図示を省略している。また、薄膜コイル 3 2 については、その最外周部分のみを図示している。図 2 8 (A) は、図 3 1 における XXV I I I A - XXV I I I A 線に沿った矢視断面に相当する。

## 【 0 1 5 6 】

図 3 1 に示したように、上部磁極 4 2 は、例えば、それぞれ別個に形成された上部ポールチップ 1 2 a、磁路接続部 1 2 b および上部ヨーク 4 2 f によって構成されている。上部ヨーク 4 2 f は、上記第 1 の実施の形態における上部ヨーク 1 2 f と同様の平面形状を有するものであり、上部ヨーク 1 2 f のヨーク部 1 2 f (1) および接続部 1 2 f (2) のそれぞれに対応するヨーク部 4 2 f (1) および接続部 4 2 f (2) を含んでいる。上部ヨーク 4 2 f の前側の端縁面 4 2 f t は、例えば、上部ポールチップ 1 2 a の段差面 1 2 a d の位置よりも後方にずれて位置している。

## 【 0 1 5 7 】

図 2 8 (A)、図 3 0 および図 3 1 に示したように、上部ヨーク 4 2 f は、開口部 1 0 k において磁路接続部 1 2 b を介して下部磁極 9 と磁氣的に連結されると共に、上部ポールチップ 1 2 a の後端部 1 2 a (2) の一部とも部分的にオーバーラップして磁氣的に連結されている。すなわち、上部磁極 4 2 (上部ポールチップ 1 2 a, 磁路接続部 1 2 b, 上部ヨーク 4 2 f) と下部磁極 9 とが接続されることにより磁路が形成されている。

## 【 0 1 5 8 】

図 3 1 に示したように、薄膜コイル 3 2 およびコイル接続部 3 2 s は、上記第 1 の実施の形態における薄膜コイル 1 4 およびコイル接続部 1 4 s と同様の構造的特徴を有するものである。薄膜コイル 3 2 は、開口部 3 4 k においてコイル接続部 3 2 s を介してコイル接続配線 4 2 f h と電氣的に接続されている。薄膜コイル 3 2 の外側の終端部 3 2 x とコイル接続配線 4 2 f h の後方の一部 (図示せず) とは図示しない外部回路に接続されており、この外部回路を通じて薄膜コイル 3 2 を通電させることができるようになっている。

## 【 0 1 5 9 】

なお、図 3 1 に示した上記以外の配設物に関する構造的特徴は、上記第 1 の実施の形態の場合 (図 1 9) と同様である。

## 【 0 1 6 0 】

本実施の形態では、磁極部分 2 0 0 を形成するためのエッチング処理を行う際に、上部ポールチップ 1 2 a の配設領域よりも後方の領域 (磁路接続部 1 2 b の配設領域を除く) における下部磁極 9 の表層部の一部もエッチングするようにしたので、薄膜コイル 3 2 の配設領域における下地 (絶縁膜 3 1) の表面の位置を下部磁極 9 の表面の位置よりも低くすることができる。このときの薄膜コイル 3 2 の配設領域における下地 (絶縁膜 3 1) の表面の位置は、上記第 1 の実施の形態における薄膜コイル 1 4 の下地 (絶縁膜 1 3) の表面の位置よりも低いため、薄膜コイル 3 2 の上方により十分な厚みの絶縁膜 3 4 を確保することができ、より絶縁効果を高めることができる。

## 【0161】

また、本実施の形態では、上部ヨーク42fの前側の端縁面が斜面をなすようにしたので、上部ヨーク42fから上部ポールチップ12aへ流入する磁束の流れを円滑化することができる。

## 【0162】

なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する上記以外の作用、効果および変形例等は、上記第1の実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。

## 【0163】

なお、本実施の形態では、図29に示したように、上部ポールチップ12aの先端部12a(1)と後端部12a(2)との連結位置が絶縁膜パターン10の最前端的な位置よりも後方にずれるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図32に示したように、上記の連結位置が前方にずれるようにしてもよい。このような場合においても、上記第1の実施の形態における変形例1-1の場合と同様の作用により、オーバーライト特性を向上させることができる。なお、図32において、上記の点以外の上部ポールチップ12a等の構造的特徴は、図29に示した場合と同様である。

## 【0164】

## [第3の実施の形態]

次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。

## 【0165】

まず、図33～図35を参照して、本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によって具現化されるので、以下併せて説明する。図33～図35において、(A)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。なお、図33～図35において、各図中のX、Y、Z軸方向に関する表記は、上記各実施の形態の場合と同様とし、また各図中の上記各実施の形態における構成要素と同一部分には同一の符号を付すも

のとする。

【0166】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法において、図33における絶縁膜8を形成するところまでの工程は、上記第1の実施の形態における図1に示した同工程までと同様であるので、その説明を省略する。

【0167】

本実施の形態では、絶縁膜8を形成したのち、図33に示したように、絶縁膜8上に、下部磁極9の一部を構成することとなる下部磁性層9aを約1.0～2.0 $\mu$ mの厚みで形成する。次に、下部磁性層9a上の前方の領域に、下部磁極9の一部を構成することとなる下部ポールチップ9bを約1.5～2.5 $\mu$ mの厚みで選択的に形成すると同時に、下部磁性層9aの後方の領域に、下部磁極9の一部を構成することとなる下部接続部9cを同様の厚みで選択的に形成する。下部磁性層9a、下部ポールチップ9bおよび下部接続部9cの形成方法としては、上記の第1の実施の形態における上部ポールチップ12aの場合と同様の手法を用いるようにする。このような手法を用いることにより、下部磁極9を構成する上記の各部位をエッチング処理によって形成する際に用いられるマスク（図示せず）を高精度に形成することができると共に、上記の各部位を高精度かつ短時間で形成することができる。ここで、下部磁性層9a、下部ポールチップ9bおよび下部接続部9cによって構成される下部磁極9が、本発明における「第2の磁性層」の一具体例に対応する。

【0168】

次に、図33に示したように、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜51を約0.3～0.5 $\mu$ mの厚みで形成する。

【0169】

次に、図34に示したように、下部ポールチップ9bの配設領域よりも後方の領域（下部接続部9cの配設領域を除く）における平坦な絶縁膜51上に、例えば電解めっき法により、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル52を約1.0～2.0 $\mu$ mの厚みで選択的に形成する。薄膜コイル52を形成する際には、例えば、その内側の終端部に、コイル接続部52sを薄膜コ

イル 5 2 と一体に形成する。次に、薄膜コイル 5 2 (コイル接続部 5 2 s を含む) の各巻線間およびその周辺に、例えばフォトレジストよりなる絶縁膜 5 3 を形成する。なお、絶縁膜 5 3 の形成方法 (加熱処理を含む) は、上記第 1 の実施の形態における絶縁膜 1 5 の場合と同様である。次に、全体に、例えばアルミナを約  $3.0 \sim 4.0 \mu\text{m}$  の厚みで形成したのち、下部ポールチップ 9 b および下部接続部 9 c が露出するまでアルミナの表面全体を例えば CMP 法によって研磨して、薄膜コイル 5 2 等を埋設する絶縁膜 5 4 を形成する。ここで、薄膜コイル 5 2 が、本発明における「第 1 の薄膜コイル層」の一具体例に対応し、絶縁膜 5 3, 5 4 が、本発明における「第 1 の絶縁層部分」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 7 0 】

次に、図 3 5 に示したように、全体に、例えばスパッタリングによって例えばアルミナを約  $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$  の厚みで成膜したのち、このアルミナ層を例えば R I E によってエッチングしてパターンニングすることにより、絶縁膜パターン 5 5 を選択的に形成する。このエッチング処理により、アルミナ層のうちの前側の領域の一部と下部接続部 9 c の上方領域とが選択的に除去され、特に、後者の領域には、下部接続部 9 c と後工程において形成される上部磁極 5 7 とを接続させるための開口部 5 5 k が形成されることとなる。この絶縁膜パターン 5 5 は、上記第 1 の実施の形態における絶縁膜パターン 1 0 と同様に、スロートハイトゼロ位置 (T H 0 位置) を規定するためのものである。絶縁膜パターン 5 5 の配設領域、構造的特徴および形成方法の詳細等は、絶縁膜パターン 1 0 の場合と同様である。

## 【 0 1 7 1 】

次に、図 3 5 に示したように、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層 5 6 を約  $0.15 \sim 0.2 \mu\text{m}$  の厚みで形成する。記録ギャップ層 5 6 を形成する際には、先工程において形成された開口部 5 5 k がアルミナによって覆われないようにする。ここで、記録ギャップ層 5 6 が、本発明における「ギャップ層」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 7 2 】

次に、図 3 5 に示したように、コイル接続部 5 2 s の上方における記録ギャッ

ブ層 5 6、絶縁膜パターン 5 5 および絶縁膜 5 4 のそれぞれの一部を例えば R I E またはイオンミリングによって選択的に除去して、コイル接続部 5 2 s と後工程において形成されるコイル接続配線 5 7 h とを接続させるための開口部 5 4 k を形成する。次に、下部接続部 9 c 上から後工程においてエアベアリング面 8 0 (図中左側) となる側にかけての領域に、上部磁極 5 7 を約  $1.5 \sim 3.0 \mu\text{m}$  程度の厚みで選択的に形成する。上部磁極 5 7 を形成する際には、同時に、開口部 5 4 k の上方領域から後方にかけての領域にコイル接続配線 5 7 を選択的に形成する。上部磁極 5 7 およびコイル接続配線 5 7 h の形成は、上記第 1 の実施の形態における上部ポールチップ 1 2 a 等の場合と同様に、窒化鉄層を成膜したのち、R I E およびイオンミリングの双方のエッチング処理によって形成したマスクを用いて、所定の条件下における R I E によって窒化鉄層をパターニングすることにより行う。このような手法を用いることにより、上記のマスクの一部を高精度に狭小化することができると共に、上部磁極 5 7 およびコイル接続配線 5 7 h を高精度かつ短時間で形成することができる。上部磁極 5 7 は、例えば、後述する図 3 6 に示したような平面形状を有するものであり、記録媒体上の記録トラック幅を画定する先端部 5 7 a と、先端部 5 7 a よりも大きな幅を有する中間部 5 7 b と、中間部 5 7 b よりも大きな幅および面積を有するヨーク部 5 7 c とを含んでいる。上部磁極 5 7 の構造的特徴に関する詳細については、後述する。ここで、上部磁極 5 7 が、本発明における「第 1 の磁性層」の一具体例に対応する。

### 【0173】

次に、図 3 5 (B) に示したように、上記の第 1 の実施の形態において磁極部分 1 0 0 を形成した場合と同様の R I E によるドライエッチングにより、記録ギャップ層 5 6 および下部ポールチップ 9 b を約  $0.5 \mu\text{m}$  程度エッチングして、トリム構造を有する磁極部分 3 0 0 を形成する。このような R I E によるエッチング処理を用いることにより、イオンミリングなどを用いた場合よりも磁極部分 3 0 0 を高精度かつ短時間で形成することができる。なお、このエッチング処理は、上部磁極 5 7 における先端部 5 7 a の最後端の位置よりも後方に形成した図示しないフォトレジスト膜をマスクとして行う。磁極部分 3 0 0 は、上部磁極 5 7 の先端部 5 7 a と、下部ポールチップ 9 b のうちの先端部 5 7 a に対応する部

分（9 b F）と、双方に挟まれた記録ギャップ層 5 6 の一部分とによって構成され、これらの各部位は互いにほぼ同一の幅を有している。ここで、先端部 5 7 a が、本発明における「第 1 の磁極」の一具体例に対応し、部分 9 b F が、本発明における「第 2 の磁極」の一具体例に対応する。

## 【 0 1 7 4 】

次に、図 3 5（A）に示したように、全体を覆うようにして、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 5 8 を形成したのち、機械加工や研磨工程によってエアベアリング面 8 0 を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

## 【 0 1 7 5 】

図 3 6 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。図 3 6 において、上記第 2 の実施の形態における図 3 1 に示した構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。なお、図 3 6 では、絶縁膜 5 3、5 4、絶縁膜パターン 5 5 オーバーコート層 5 8 等の図示を省略している。また、薄膜コイル 5 2 については、その最外周部分のみを図示し、絶縁膜パターン 5 5 については、その最外端のみを図示している。図 3 5（A）は、図 3 6 における XXXVA-XXXVA 線に沿った矢視断面に相当する。

## 【 0 1 7 6 】

図 3 6 に示したように、上部磁極 5 7 は、エアベアリング面 8 0 から順に先端部 5 7 a、中間部 5 7 b およびヨーク部 5 7 c を含み、これらの各部位は一体化されている。先端部 5 7 a は、記録時における記録媒体上の記録トラック幅を決定する部分であり、すなわち先端部 5 7 a の幅がトラック幅を画定することとなる。中間部 5 7 b の幅は先端部 5 7 a の幅よりも大きく、ヨーク部 5 7 c の幅は中間部 5 7 b の幅よりも大きくなっている。ヨーク部 5 7 c は、上記第 1 の実施の形態における上部ヨーク 1 2 f のヨーク部 1 2 f (1) とほぼ同様の構造を有するものである。先端部 5 7 a と中間部 5 7 b との連結部分には幅方向の段差が形成されており、この段差部における中間部 5 7 b 側の段差面 5 7 d は、THO 位置（または MRHO 位置）よりも後方にずれて位置している。ただし、必ずしも



このような場合に限らず、段差面 5 7 d が T H 0 位置（または M R H 0 位置）よりも前方にずれるようにしてもよいし、または双方の位置が一致するようにしてもよい。

## 【 0 1 7 7 】

図 3 5 (A) および図 3 6 に示したように、上部磁極 5 7 の後方の一部は、開口部 5 5 k において、下部接続部 9 c を介して下部磁性層 9 a および下部ポールチップ 9 b と磁氣的に連結されている。すなわち、上部磁極 5 7 と下部磁極 9 (下部磁性層 9 a, 下部ポールチップ 9 b, 下部接続部 9 c) とが接続されることにより磁路が形成されている。なお、薄膜コイル 5 2、コイル接続部 5 2 s およびコイル接続配線 5 7 h は、上記第 2 の実施の形態において図 3 1 に示した薄膜コイル 3 2、コイル接続部 3 2 s およびコイル接続配線 4 2 f h とそれぞれ同様の構造的特徴を有するものである。

## 【 0 1 7 8 】

なお、図 3 6 に示した上記以外の配設物に関する構造的特徴は、上記第 2 の実施の形態の場合（図 3 1）と同様である。

## 【 0 1 7 9 】

本実施の形態では、上部磁極 5 7 の各部位（先端部 5 7 a, 中間部 5 7 b, ヨーク部 5 7 c）を一体として形成するようにしたので、上記の各実施の形態において上部磁極 1 2（第 1 の実施の形態）または上部磁極 4 2（第 2 の実施の形態）の各部位を別体として形成した場合よりも、製造工程を簡略化することができる。なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する上記以外の作用、効果および変形例等は、上記の各実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。

## 【 0 1 8 0 】

なお、本実施の形態では、下部ポールチップ 9 b および磁路接続部 9 c が露出した時点で絶縁膜 5 4 の表面研磨を終了するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、両者の他に薄膜コイル 5 2 が露出するまで行うようにしてもよい。この時点で薄膜コイル 5 2 が露出したとしても、後工程において、薄膜コイル 5 2 の上方には絶縁膜パターン 5 5 および記録ギャップ層 5 6 など

の絶縁部位が配設されることとなるので、薄膜コイル 5 2 と上部磁極 5 7 との間を絶縁することができる。

## 【 0 1 8 1 】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記の各実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 a 等を形成するための前駆層（窒化鉄層）を形成したのち、この前駆層の表面を研磨して平坦化するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、前駆層の形成領域における下地が平坦である場合には、上記の研磨処理は行わなくてもよい。

## 【 0 1 8 2 】

また、上記の各実施の形態では、形成精度および形成速度を向上させるために、薄膜磁気ヘッドを構成する各磁性層部分を R I E による窒化鉄層の選択エッチングにより形成することを推奨しているが、これをすべての磁性層部分について適用しなければならないものではない。例えば、各磁性層部分の一部を電解めっき法によってパーマロイ等を材料として用いて形成するようにしてもよい。ただし、高い形成精度が必要とされる部位、すなわち磁極部分を構成することとなる部位（第 1、第 2 の実施の形態では上部ポールチップ 1 2 a および下部磁極 9、第 2 の実施の形態では上部磁極 5 7 および下部ポールチップ 9 b）の形成は、少なくとも R I E による窒化鉄の選択エッチングによって行うようにするのが好ましい。

## 【 0 1 8 3 】

また、上記の各実施の形態で示した上部磁極を構成する各磁性層部分（上部ポールチップ 1 2 a、中間接続部 1 2 c、上部ヨーク 1 2 f、4 2 f、上部磁極 5 7 等）の平面形状は、必ずしも図 1 9、図 3 1 よび図 3 6 に示したものに限定されるものではなく、薄膜コイルで発生した磁束を先端部（1 2 a (1) または 5 7 a）の先端部分まで十分に供給し得る限り、自由に変更することが可能である。

## 【 0 1 8 4 】

また、例えば、上記各実施の形態およびその変形例では、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明したが、本発明は、書き込み用の誘導型磁気変換素子

を有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや記録・再生兼用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。また、本発明は、書き込み用の素子と読み出し用の素子の積層順序を逆転させた構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0185】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1ないし請求項48のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の磁極を形成する工程および第2の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、磁性材層を成膜する工程と、磁性材層の上にマスク前駆体を形成する工程と、イオンビームエッチングによって、マスク前駆体の一部をエッチングしてより狭い幅を有する第1のマスクを形成すると同時に第1のマスクの形成領域以外の領域における磁性材層の表面近傍層を部分的にエッチングする第1のエッチング工程と、反応性イオンエッチングによって、第1のマスクを用いて磁性材層をエッチングして第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第2のエッチング工程とを含むようにしたので、第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を高精度に狭小化することができると共に、これらの部位の形成に要する時間を短縮することができるという効果を奏する。

【0186】

特に、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1のエッチング工程の途中において、磁性材層の延在方向に対して直交する方向とイオンビームの照射方向との間の幅方向における角度を第1の角度（ $45 \pm 15$ 度）から第2の角度（ $75 \pm 15$ 度）へ変更するようにしたので、イオンビームエッチングによるエッチング処理を高精度かつ短時間で行うことができるという効果を奏する。

【0187】

また、請求項5記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の磁極を形成する工程および前記第2の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、磁性材層を成膜する工程と、磁性材層の上にマスク前駆体を形成する工程と、

イオンビームエッチングによって、マスク前駆体の一部をエッチングしてより狭い幅を有する第1のマスクを形成する第1のエッチング工程と、反応性イオンエッチングによって、第1のマスクを用いて磁性材層をエッチングして第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第2のエッチング工程とを含むようにしたので、第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を高精度に狭小化することができるという効果を奏する。

## 【0188】

また、請求項6記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1のエッチング工程において、第1のエッチング工程において、磁性材層の延在方向に対して直交する方向から幅方向に $75 \pm 15$ 度の角度をなすような方向からイオンビームを照射するようにしたので、イオンビームエッチングによるエッチング処理を高精度かつ短時間で行うことができるという効果を奏する。

## 【0189】

また、請求項7記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の磁極を形成する工程および第2の磁極を形成する工程のうちの少なくとも一方の工程が、磁性材層を成膜する工程と、磁性材層の上にマスク前駆体を形成する工程と、イオンビームエッチングによって、マスク前駆体を第1のマスクとして用いてマスク前駆体の形成領域以外の領域における磁性材層の表面近傍層を部分的にエッチングする第1のエッチング工程と、反応性イオンエッチングによって、マスク前駆体を第1のマスクとして用いて磁性材層をエッチングして第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を形成する第2のエッチング工程とを含むようにしたので、第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を高精度に狭小化することができるという効果を奏する。

## 【0190】

また、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1のエッチング工程において、第1のエッチング工程において、磁性材層の延在方向に対して直交する方向から幅方向に $45 \pm 15$ 度の角度をなすような方向からイオンビームを照射するようにしたので、イオンビームエッチングによるエッチング処理を高精度かつ短時間で行うことができるという効果を奏する。

## 【0191】

また、請求項9記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、さらに、磁性材層を成膜する工程とマスク前駆体を形成する工程との間に、磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程を含むようにしたので、磁性材層の形成領域における下地が凹凸構造を有する場合であっても、その上方に形成される他の層（例えば、マスク前駆体を形成するための前駆層）の表面を平坦となるようにすることができるという効果を奏する。

## 【0192】

また、請求項20記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1のエッチング工程において、第2のマスクをもエッチングして除去するようにしたので、第2のマスクが残存したまま後工程を行う場合に予想されるエッチング生成物の再付着を回避でき、第1の磁極および第2の磁極のうちの少なくとも一方を高精度に形成することができるという効果を奏する。

## 【0193】

また、請求項21または請求項22に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、100Pa以下の圧力下における化学蒸着によってマスク前駆層の成膜を行うようにしたので、このマスク前駆層をパターニングすることによって形成される第1のマスクの被エッチング量を低減させることができるという効果を奏する。

## 【0194】

また、請求項23または請求項24に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1のマスクの形成材料として、酸化アルミニウムまたは窒化アルミニウムを含む材料よりなる無機材料を用いるようにしたので、フォトリジスト膜などのエッチング速度の速い材料を用いた場合よりも、第1の磁性層部分の厚みの目減りを低減させることができるという効果を奏する。

## 【0195】

また、請求項26記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1のマスクのうちの、第1の磁性層部分のコーナー部に対応する部分における角度が90度ないし120度の範囲内となるようにしたので、形成される第1の磁性層部分の同

箇所における角度もまた同様の範囲内となるようにすることができるという効果を奏する。このような構造的特徴を有する第1の磁性層部分では、拡幅部分から第1の磁極へ向かう磁束の流れを円滑化することができる。

【0196】

また、請求項7記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、マスク前駆層のパターニングを反応性イオンエッチングによって行うようにしたので、第1のマスクの形成に要する所要時間を短縮することができるという効果を奏する。

【0197】

また、請求項28記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第3のエッチング工程において、50度ないし300度の範囲内の温度下においてエッチング処理を行うようにしたので、エッチング処理に要する時間をより短縮することができるという効果を奏する。

【0198】

また、請求項32記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の磁性層の第1の磁極の形成と、ギャップ層のうちの第1の磁極に対応する部分以外の領域の選択的除去と、第2の磁性層のうちの第2の磁極の形成とを同一工程内において連続的に行うようにしたので、薄膜磁気ヘッド全体の製造に要する所要時間を短縮することができるという効果を奏する。

【0199】

また、請求項35記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第2の磁性層部分が第1の磁性層部分と部分的にオーバーラップするようにすると共に、その記録媒体対向面に近い側の端縁が、記録媒体対向面の位置から離れて位置するようにしたので、形成される第2の磁性層部分は、記録媒体対向面から離れて位置することとなる。したがって、第2の磁性層部分に起因するサイドイレーズの発生を回避することができるという効果を奏する。

【0200】

また、請求項37記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の平坦面上に第2の磁性層部分を形成するようにしたので、第2の磁性層部分を高精度に形成することができるという効果を奏する。

## 【0201】

また、請求項38記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の平坦面上に、第3の磁性層部分を反応性イオンエッチングによって形成するようにしたので、第3の磁性層部分を高精度かつ短時間で形成することができるという効果を奏する。

## 【0202】

また、請求項39記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第3の磁性層部分が、第1の磁性層部分の一部および第2の磁性層部分の一部の双方とオーバーラップするようにすると共に、その記録媒体対向面に近い側の端縁面が記録媒体対向面の位置から離れて位置するようにしたので、形成される第3の磁性層部分は、記録媒体対向面から離れて位置することとなる。したがって、第3の磁性層部分に起因するサイドイレースの発生を回避することができるという効果を奏する。

## 【0203】

また、請求項40記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第3の磁性層部分を形成すると同時に、第1の接続パターン上に、薄膜コイル部の一部をなす第2の接続パターンを形成する工程を含むようにしたので、第1の接続パターン上に第2の接続パターンを形成しない場合とは異なり、第2の導電層パターンと導電層パターンとを電氣的に接続させるために絶縁層の一部を除去して開口部分を形成する工程が不要となる。したがって、製造工程数を削減することができるという効果を奏する。

## 【0204】

また、請求項41記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第2の平坦面上の他の一部分に第2の磁性層部分を形成するようにしたので、この場合においても、第2の磁性層部分の高精度に形成することができるという効果を奏する。

## 【0205】

また、請求項42記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第3の磁性層を反応性イオンエッチングを用いたパターニングによって形成するようにしたので、第3の磁性層を高精度かつ短時間で形成することができ、薄膜磁気ヘッド全体

の製造時間をさらに短縮することができるという効果を奏する。

【0206】

また、請求項45ないし請求項47のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材料として、窒化鉄を含む材料や、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金を含む材料（アモルファス合金）を用いるようにしたので、磁性材層の形成材料としてパーマロイなどを用いる場合よりも、磁性材層をR I Eによりエッチングする際の再付着が少なくなり、高精度なパターンニングが可能になるという効果を奏する。

【0207】

また、請求項48に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第2のエッチング工程において、50度ないし300度の範囲内の温度下においてエッチング処理を行うようにしたので、エッチング処理に要する時間を短縮することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図2】

図1に続く工程を説明するための断面図である。

【図3】

図2に続く工程を説明するための断面図である。

【図4】

図3に続く工程を説明するための断面図である。

【図5】

図4に続く工程を説明するための断面図である。

【図6】

図5に続く工程を説明するための断面図である。

【図7】

図6に続く工程を説明するための断面図である。



【図 8】

図 7 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 9】

図 8 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 0】

図 9 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 1】

図 1 0 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 2】

図 3 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 3】

図 4 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 4】

図 5 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 5】

図 6 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 6】

図 7 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 7】

図 8 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 8】

図 1 1 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 9】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図 2 0】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの磁極部分周辺の変形例を表す斜視図である。

【図 2 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの上部ヨークの変形例を表す断面図である。

【図 2 2】

本発明の第 1 の実施の形態における第 2 のマスクの形成方法の変形例を説明するための斜視図である。

【図 2 3】

図 2 2 に続く工程を説明するための斜視図である。

【図 2 4】

本発明の第 1 の実施の形態における第 2 のマスクの形成方法の他の変形例を説明するための斜視図である。

【図 2 5】

図 2 4 に続く工程を説明するための斜視図である。

【図 2 6】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 2 7】

図 2 6 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 2 8】

図 2 7 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 2 9】

図 2 6 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 3 0】

図 2 8 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 3 1】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図 3 2】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの磁極部分周辺の変形例を表

す斜視図である。

【図 3 3】

本発明の第 3 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 3 4】

図 3 3 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 3 5】

図 3 4 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 3 6】

本発明の第 3 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図 3 7】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一工程を説明するための断面図である。

【図 3 8】

図 3 7 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 3 9】

図 3 8 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 4 0】

従来の薄膜磁気ヘッドの要部構造を表す断面図である。

【図 4 1】

図 4 0 に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【図 4 2】

従来の薄膜磁気ヘッドの構造を示す平面図である。

【図 4 3】

従来の薄膜磁気ヘッドの磁極部分を形成する場合の問題点を説明するための磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【符号の説明】

1 … 基板、 2 … 絶縁層、 3 … 下部シールド層、 4, 6 … シールドギャップ膜、

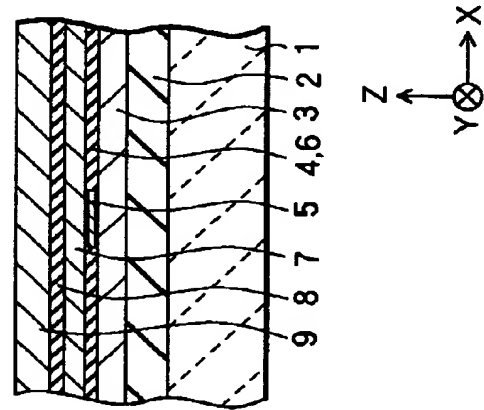
5…MR膜、7…上部シールド層、9…下部磁極、9a…下部磁性層、9b…下部ポールチップ、9c…下部接続部、8, 13, 14, 16, 18, 19, 31, 33, 34, 51, 53, 54…絶縁膜、10…絶縁膜パターン、11…記録ギャップ層、10, 55…絶縁膜パターン、12, 42, 57…上部磁極、12a…上部ポールチップ、12a(1), 57a…先端部、12a(2)…拡幅部、12b, 12d…磁路接続部、12c…中間接続部、12f, 42f, 212f…上部ヨーク、12f(1), 57c…ヨーク部、12f(2)…接続部、12e…中間接続パターン、12fh, 42fh, 57h…コイル接続配線、14, 17, 32, 52…薄膜コイル、14s, 17sa, 32s, 52s…コイル接続部、17sb…配線接続部、20, 35, 58…オーバーコート層、22a…第1のマスク、22b…他のマスク、22z…マスク前駆体、32a, 42a…第2のマスク、52a, 72a…第3のマスク、57b…中間部、80…エアベアリング面、91…高飽和磁束密度材層、92…無機絶縁材層、100, 200, 300…磁極部分、112a…上部ポールチップ前駆層、122a…第1のマスク前駆層、132a…フォトレジストパターン、142a, 162a…第2のマスク前駆層、TH…スロートハイト、MRH…MRハイト。

【書類名】

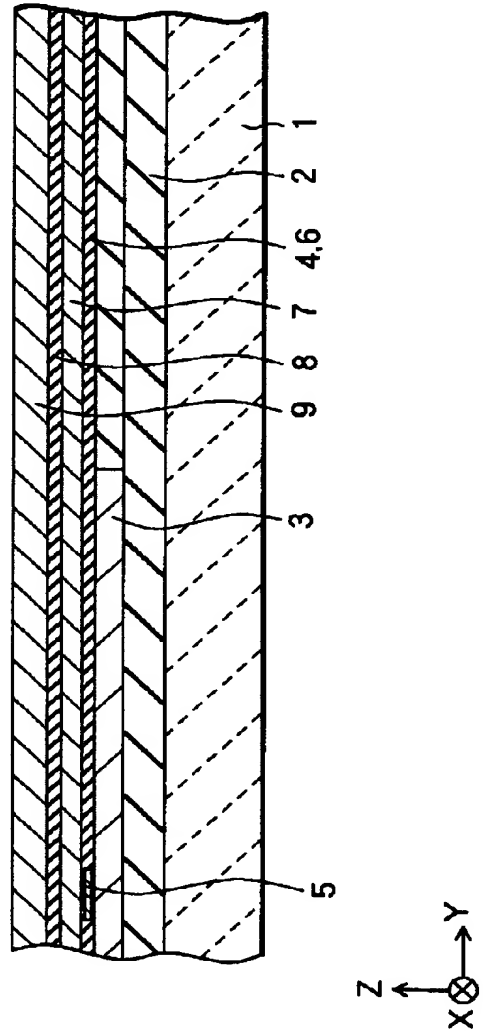
図面

【図 1】

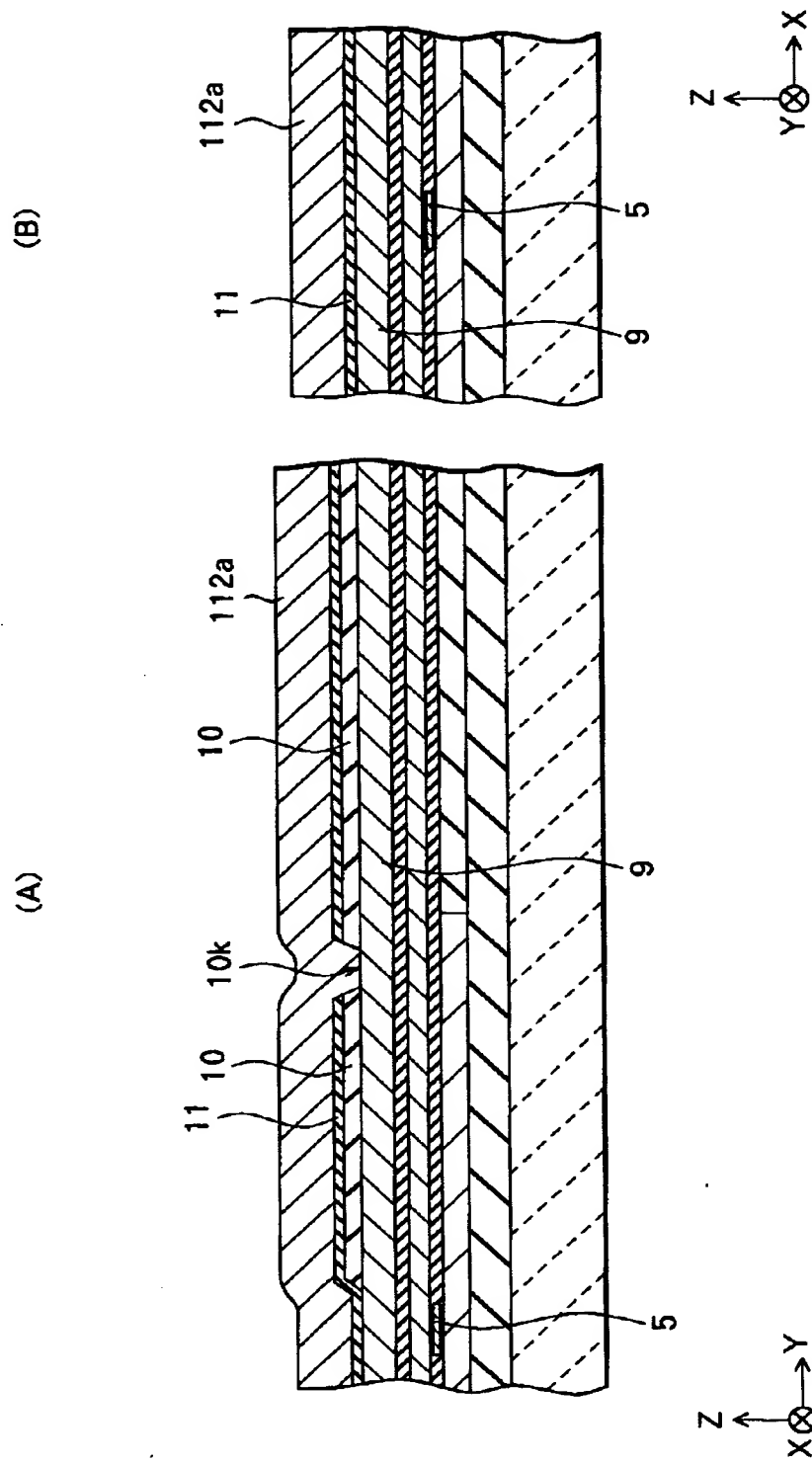
(B)



(A)

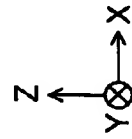
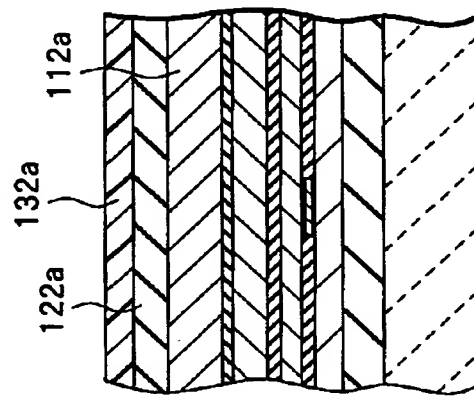


【図 2】

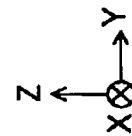
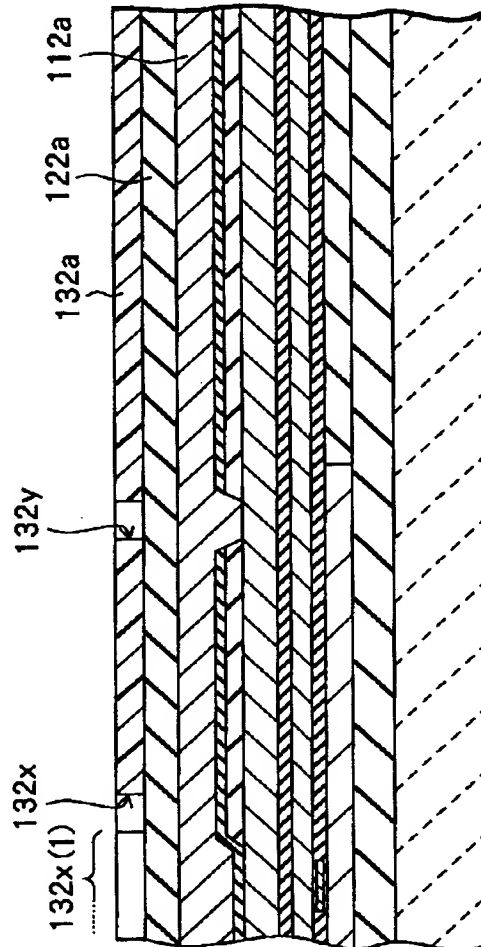


【図 3】

(B)

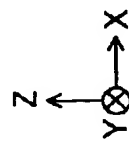
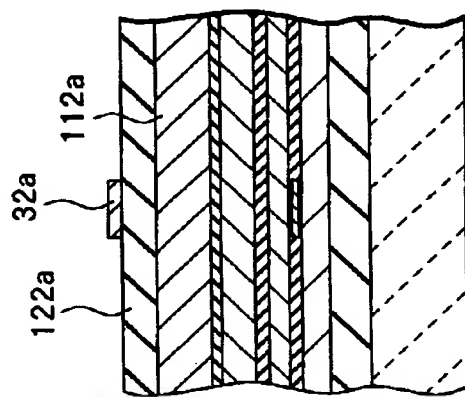


(A)

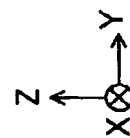
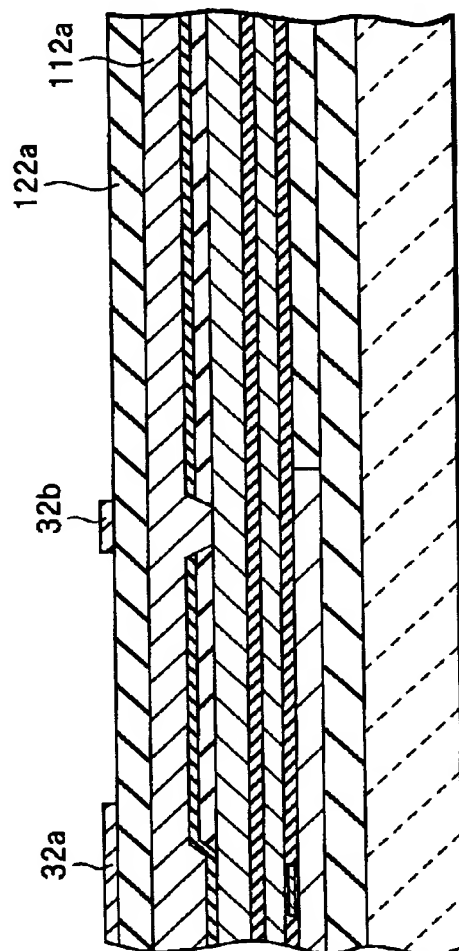


【図 4】

(B)



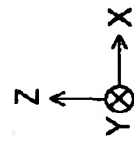
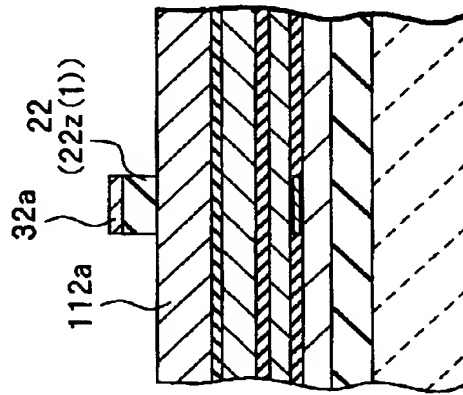
(A)



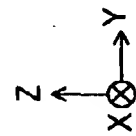
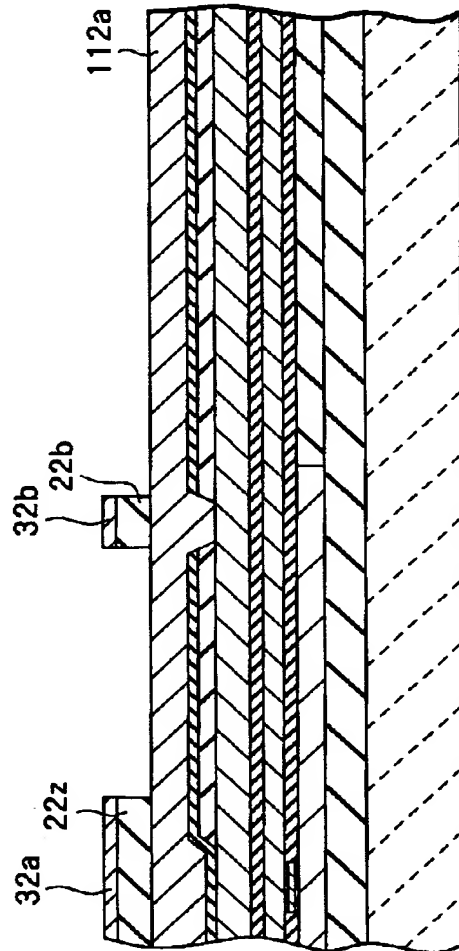


【図 5】

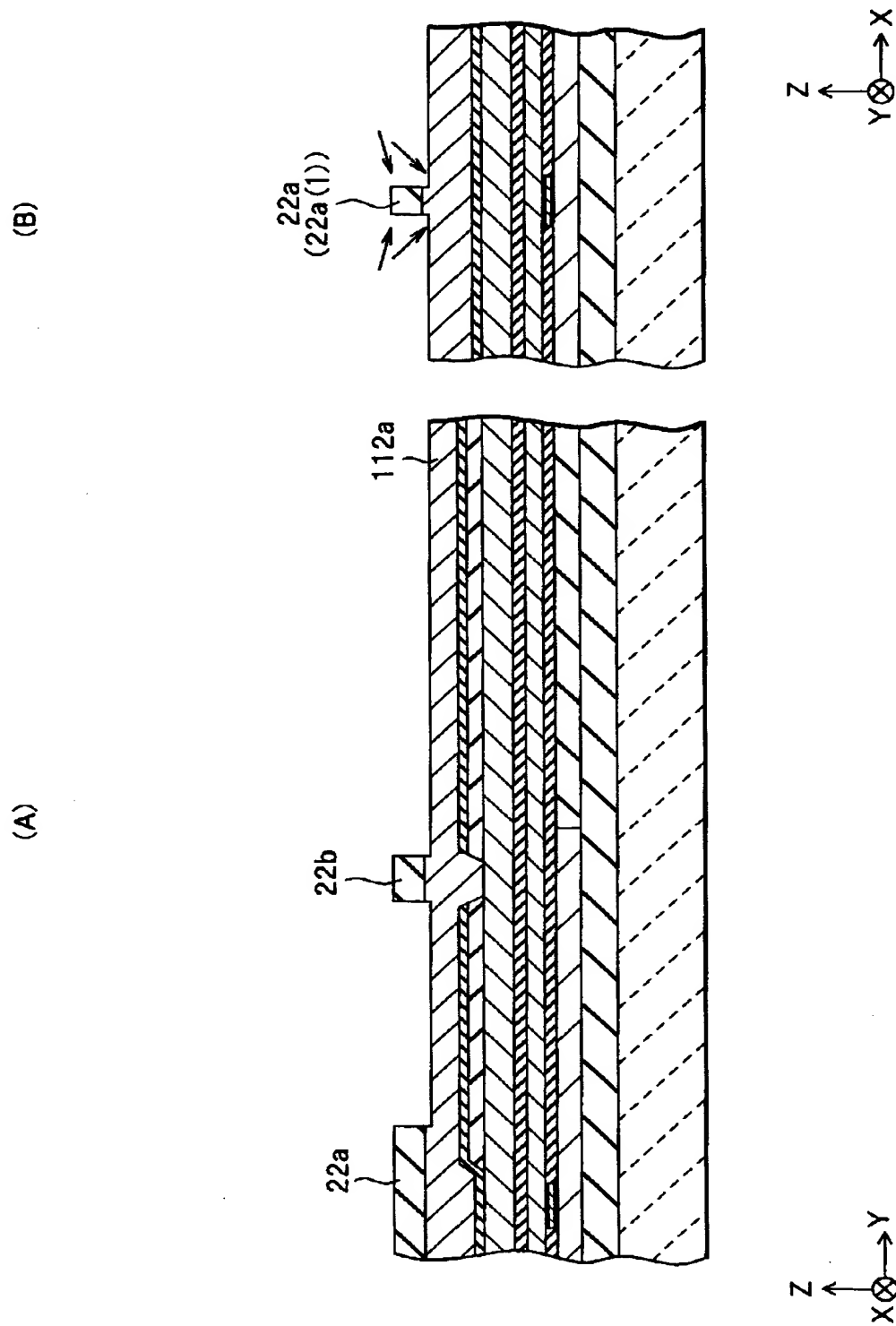
(B)



(A)

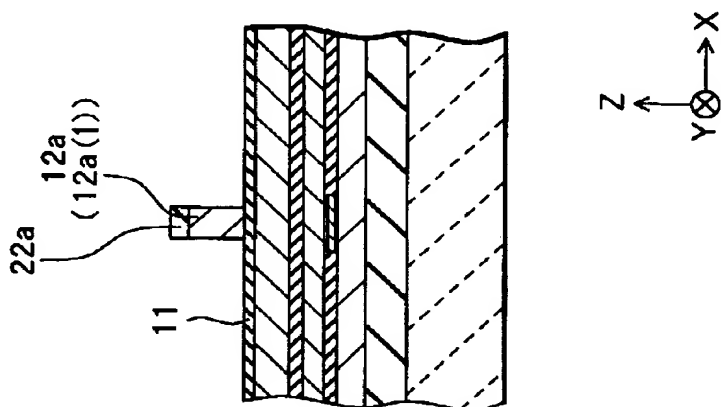


【図 6】

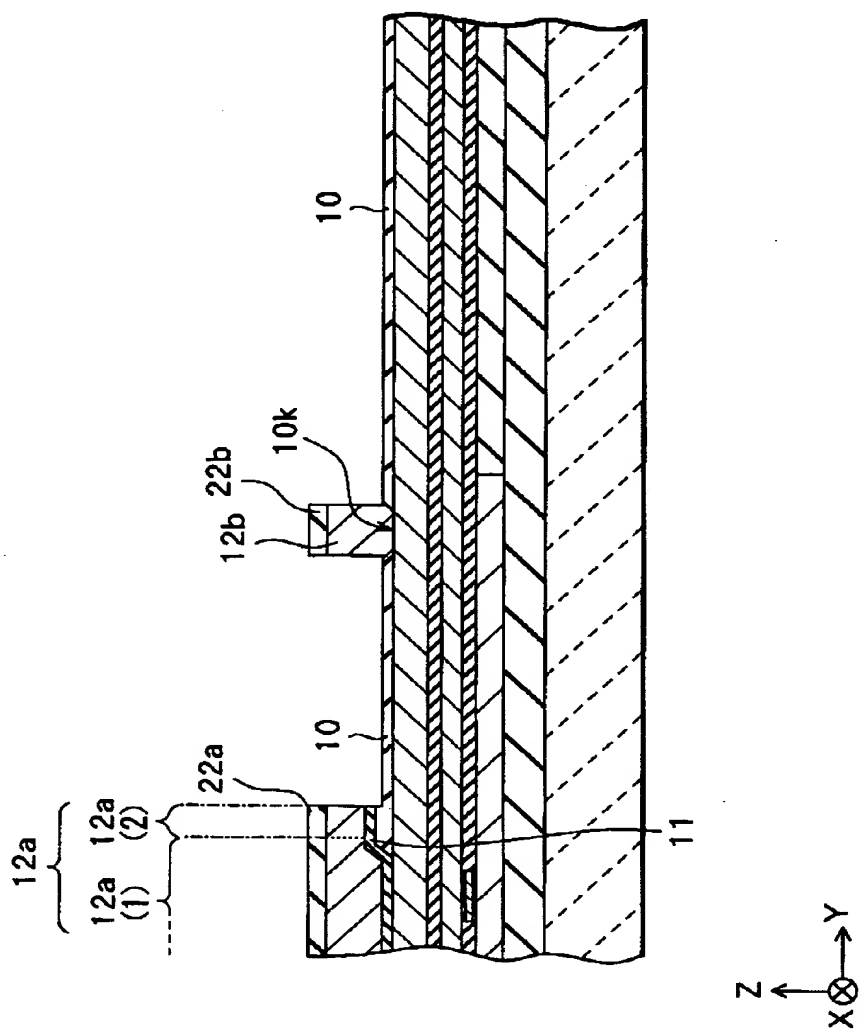


【図 7】

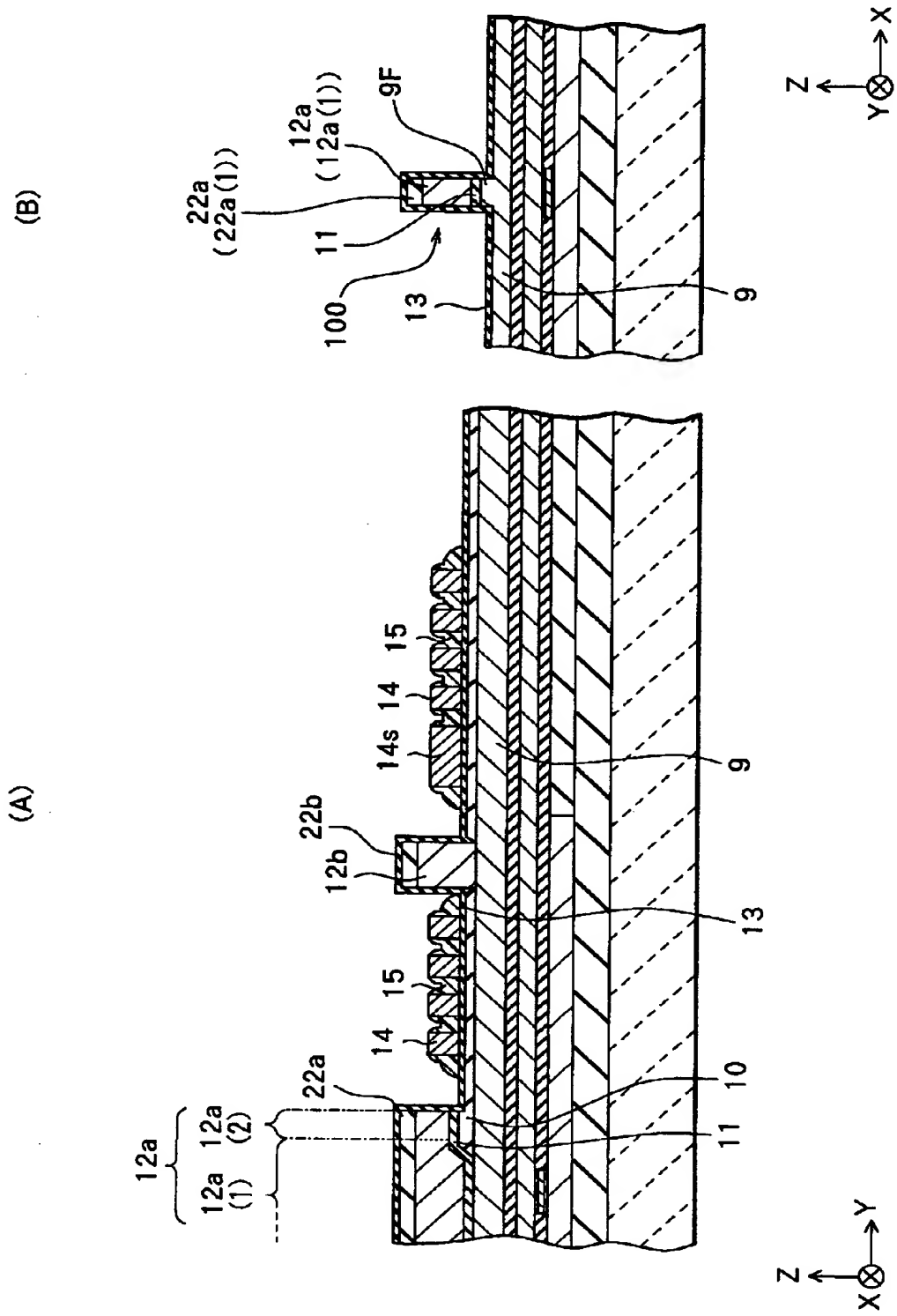
(B)



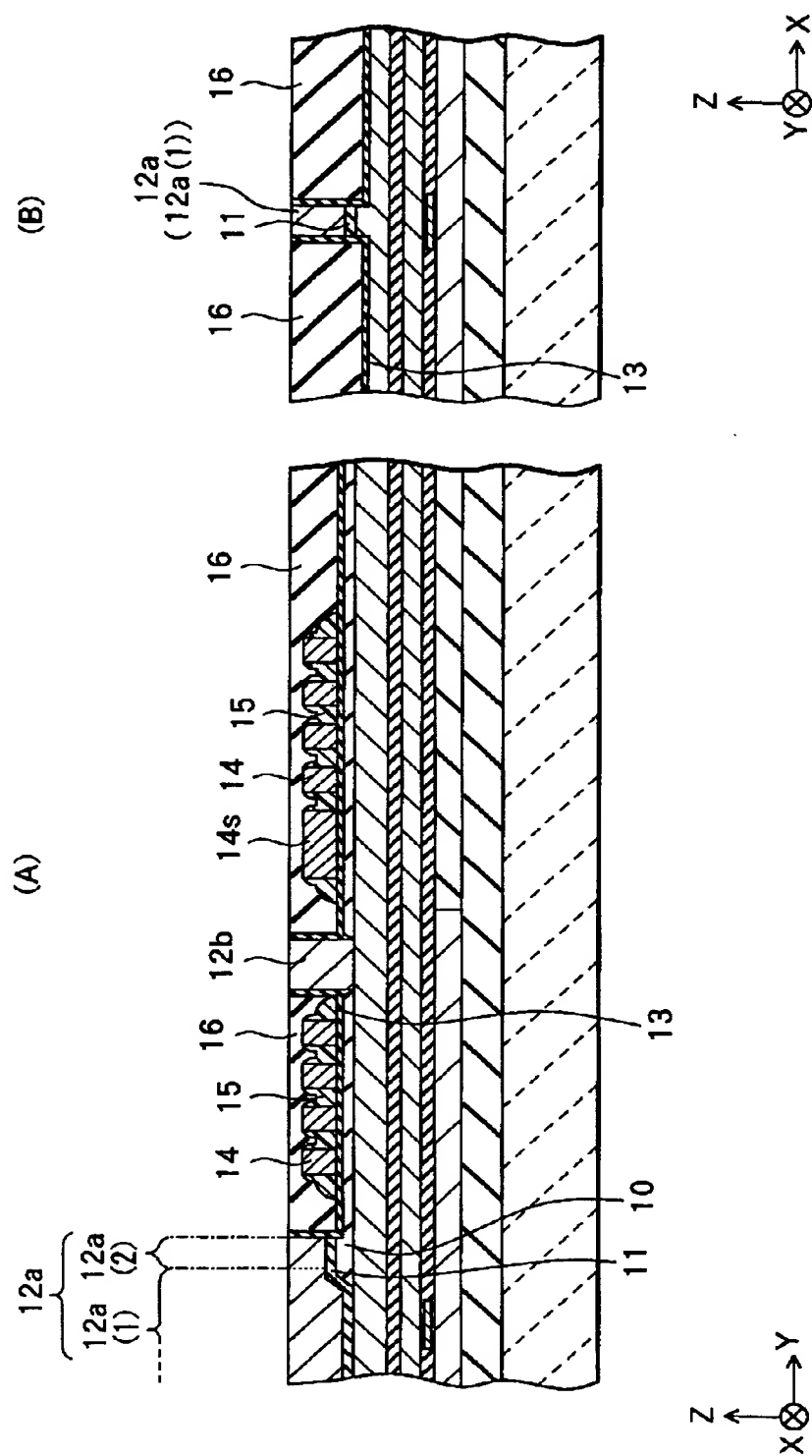
(A)



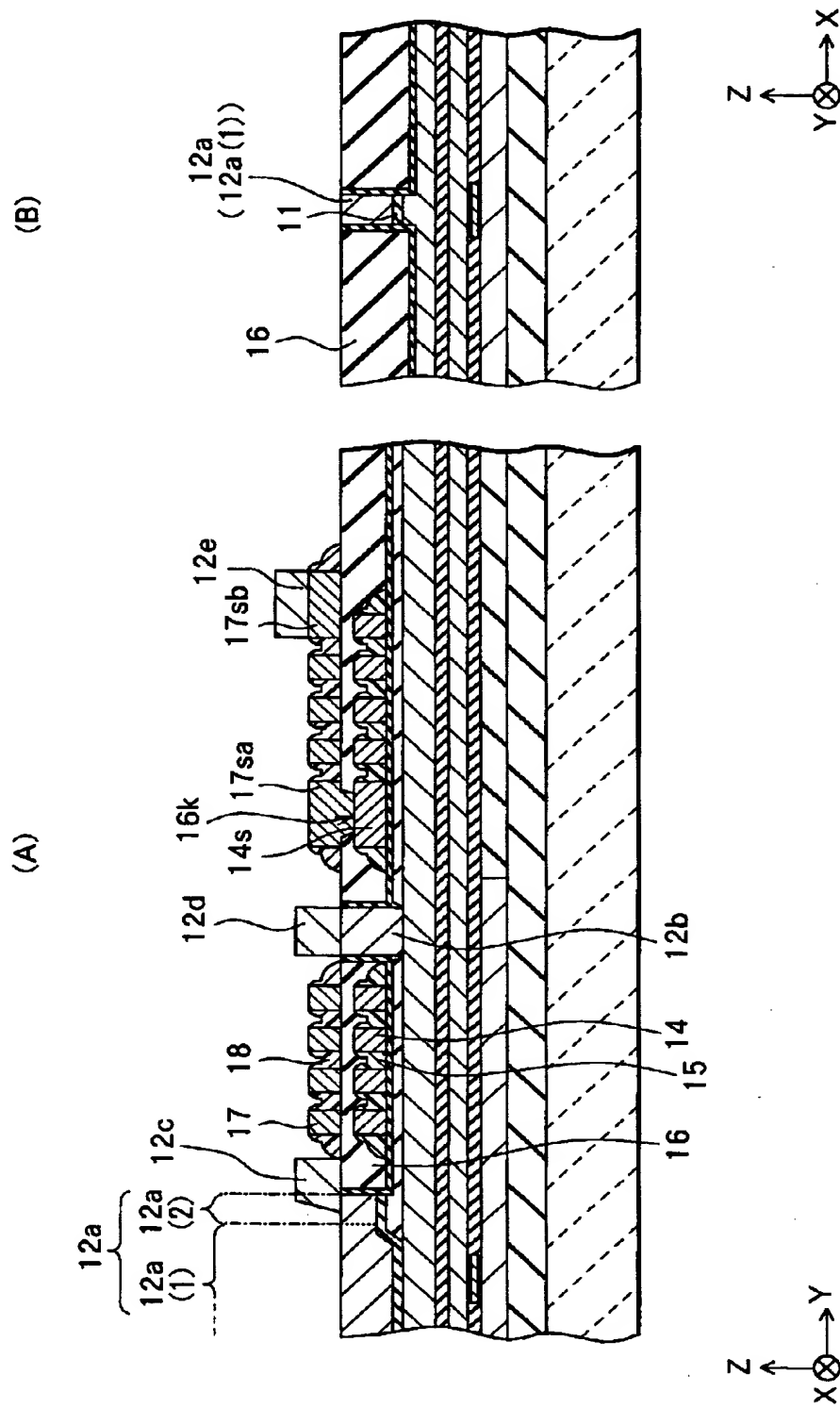
【図 8】



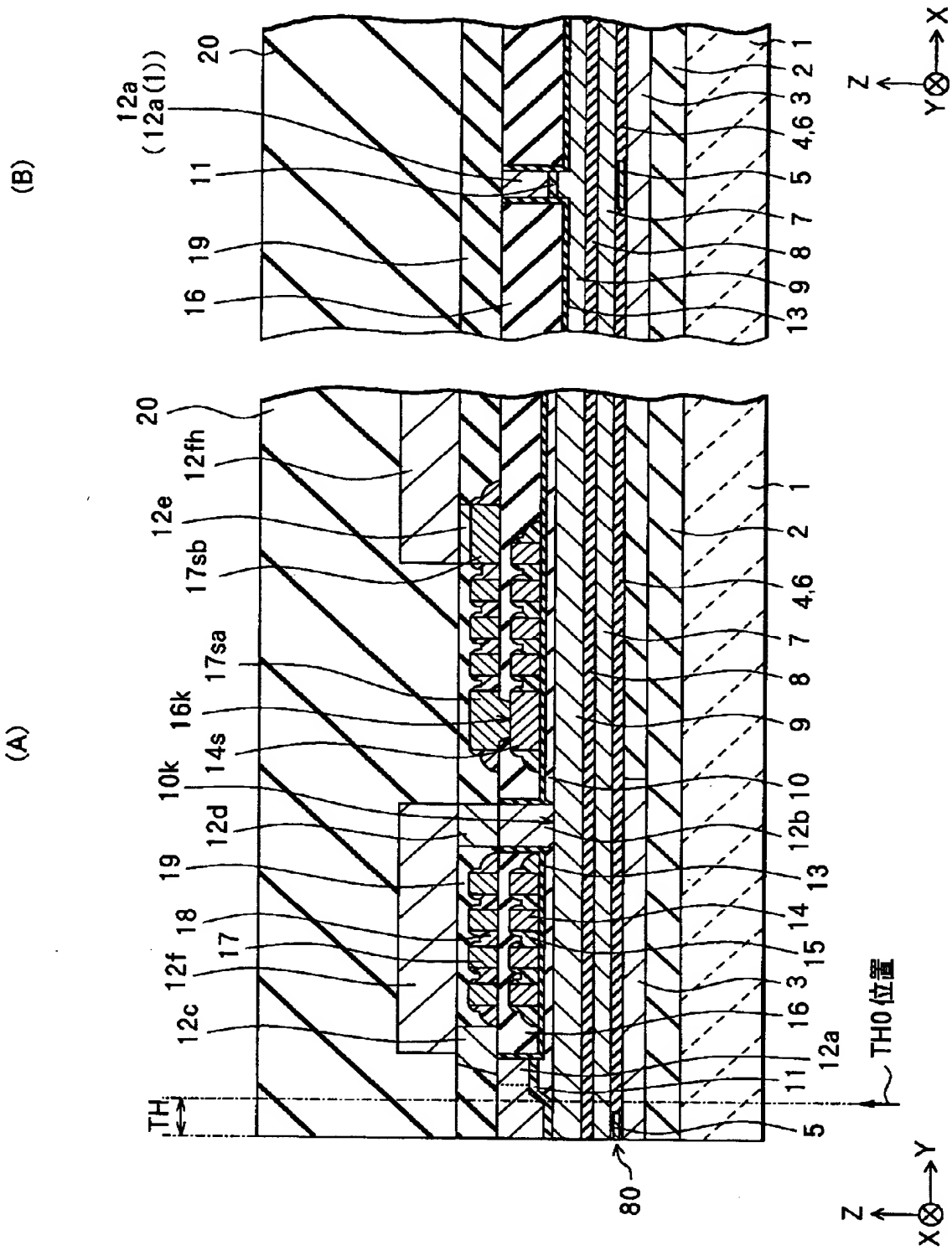
【図 9】



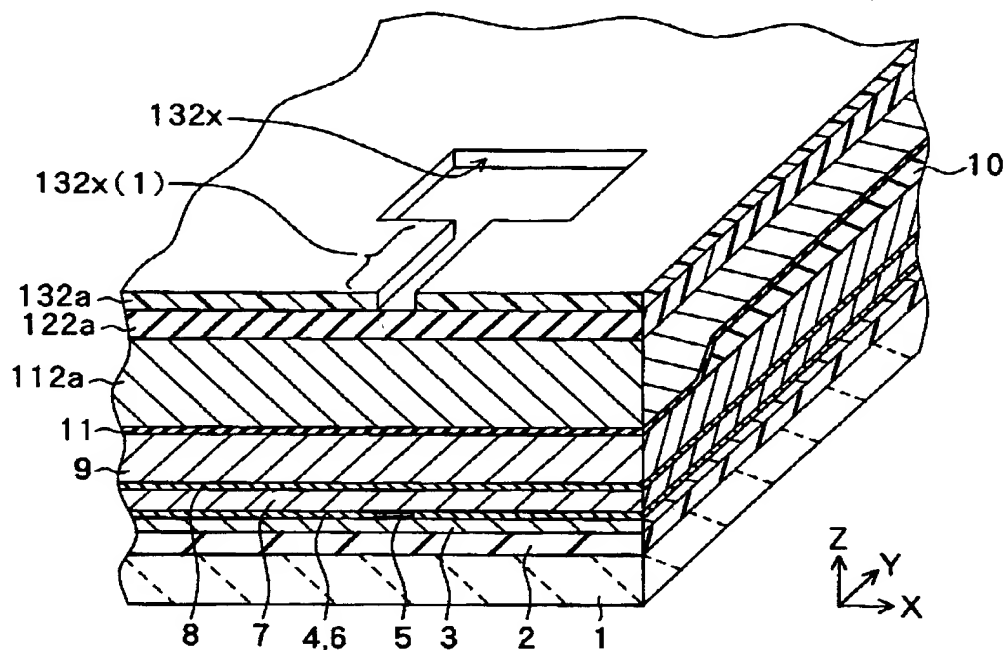
【図 10】



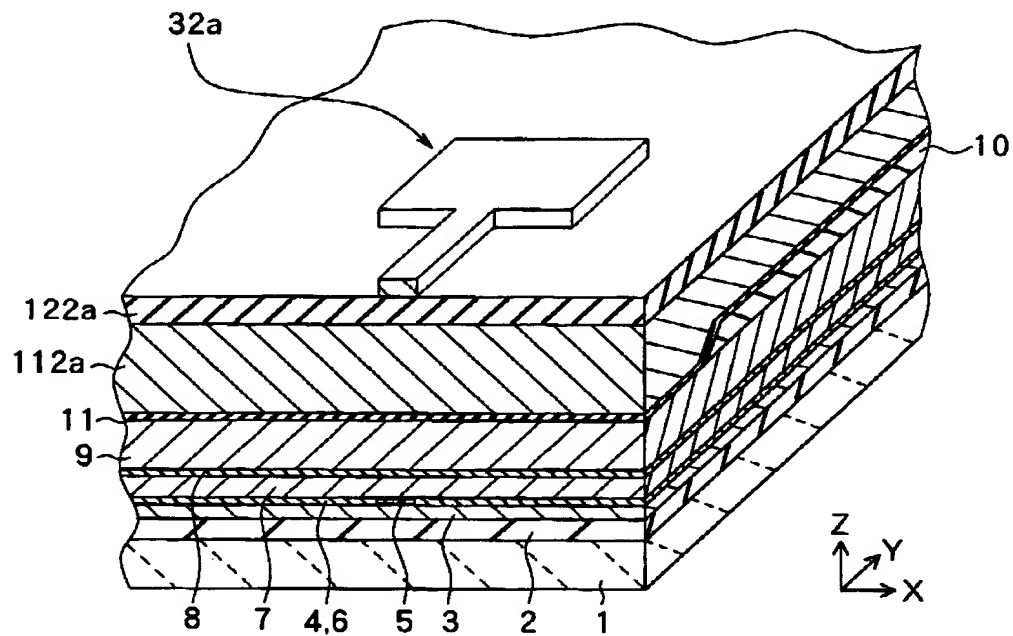
【図 11】



【図 12】

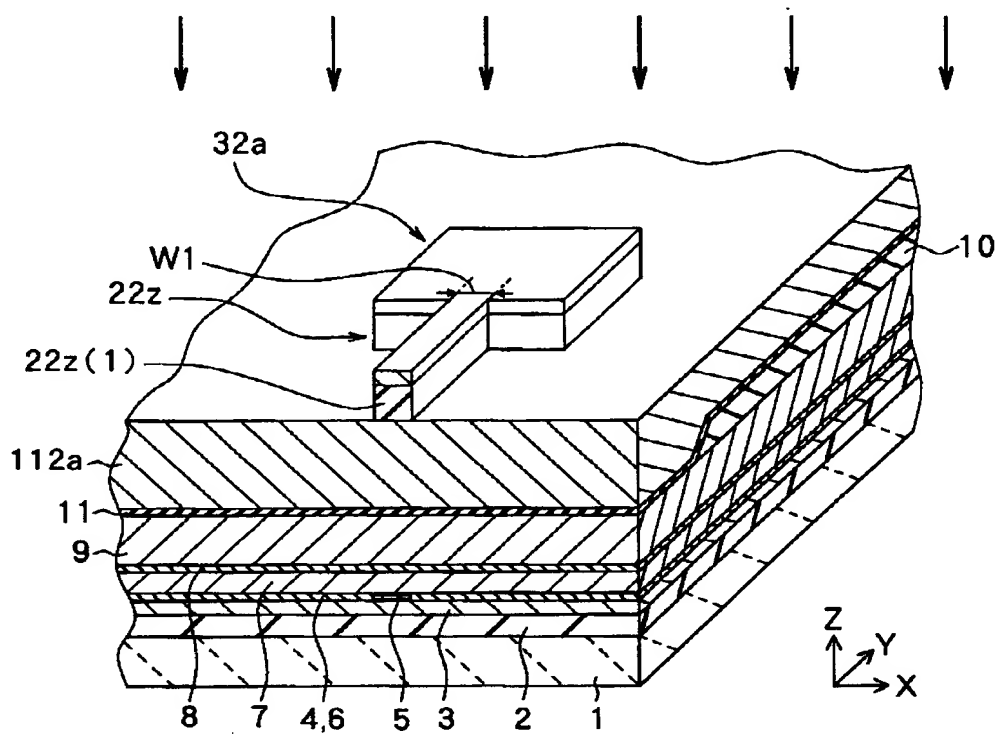


【図 13】

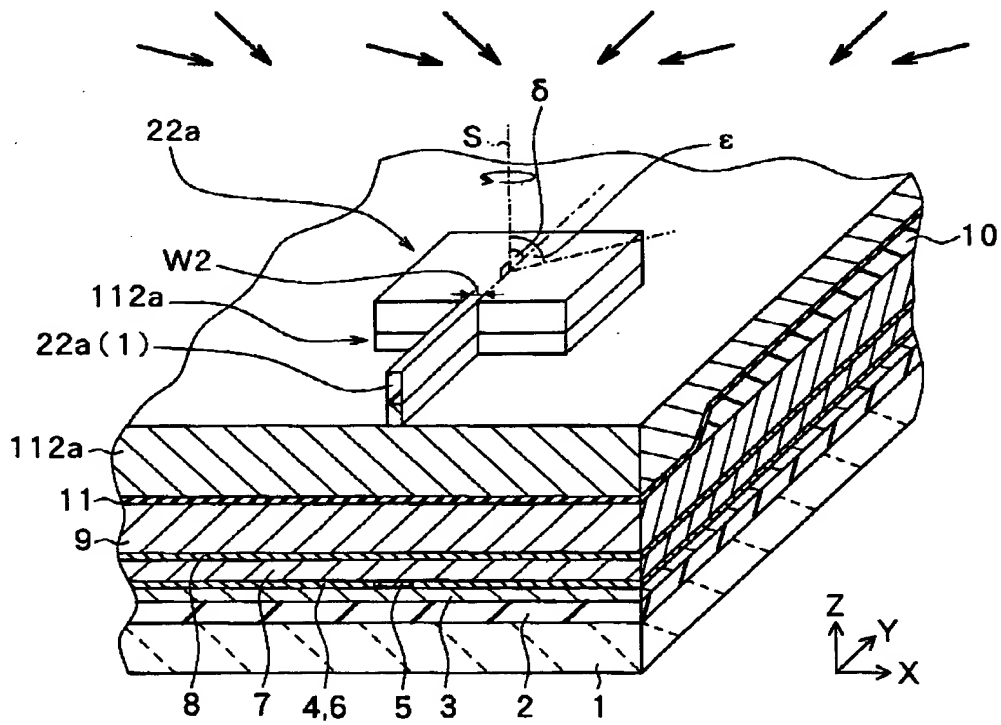




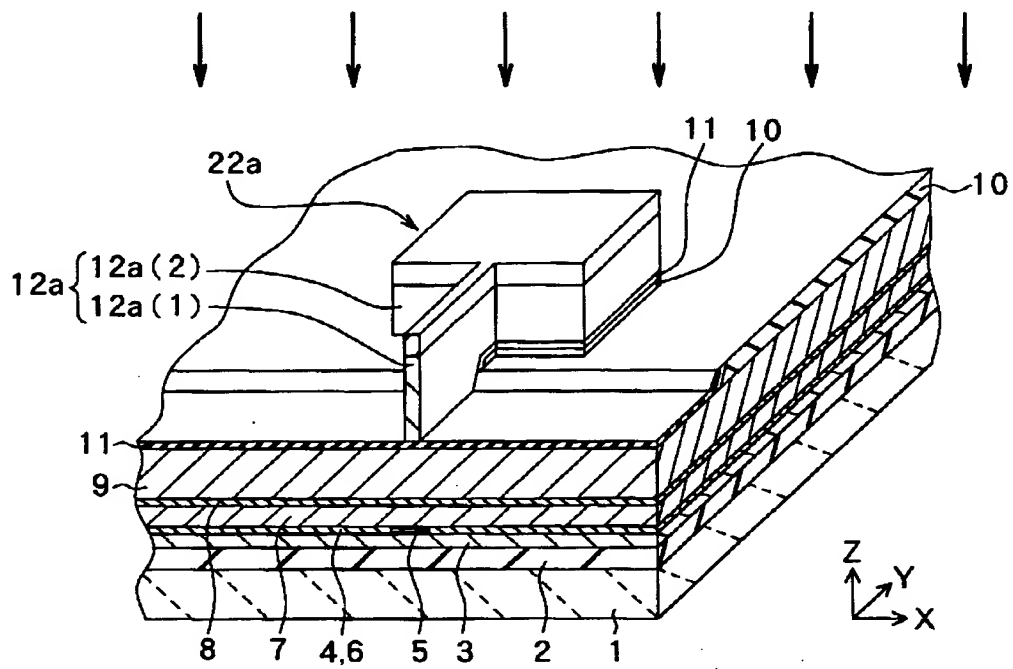
【図 14】



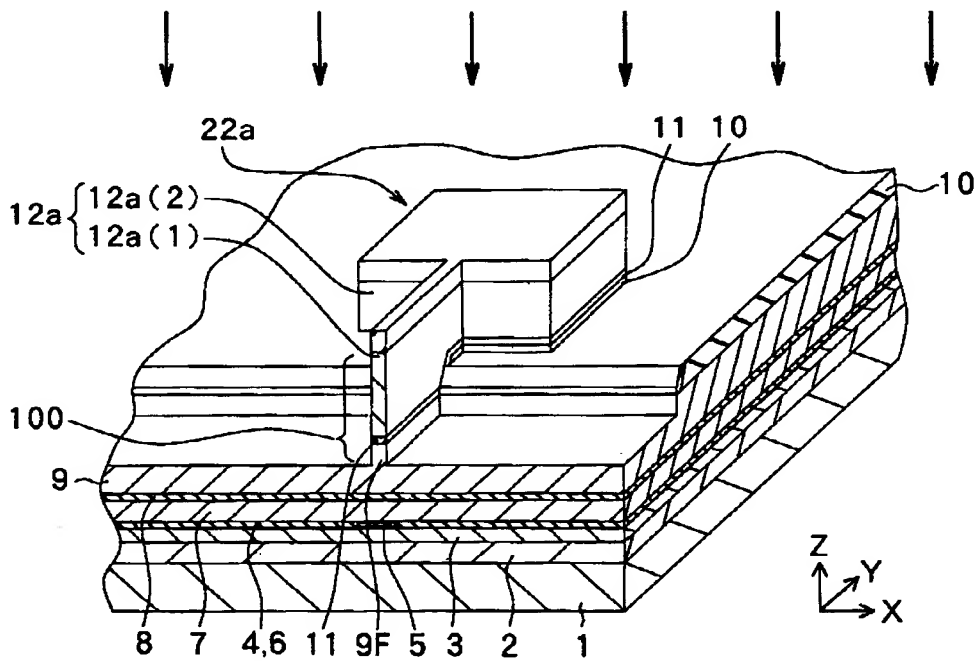
【図 15】



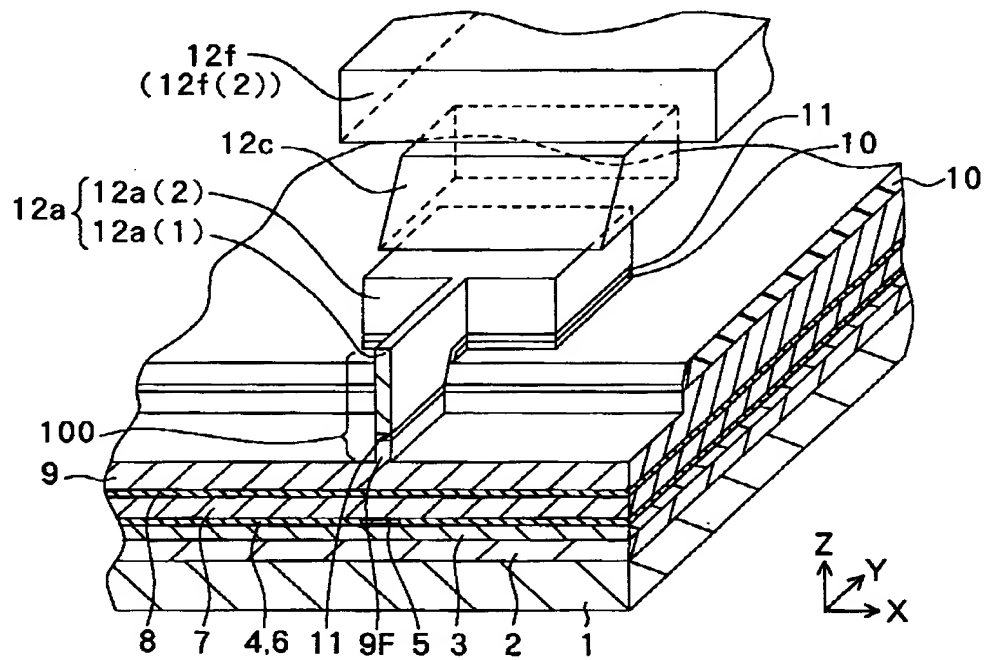
【図 16】



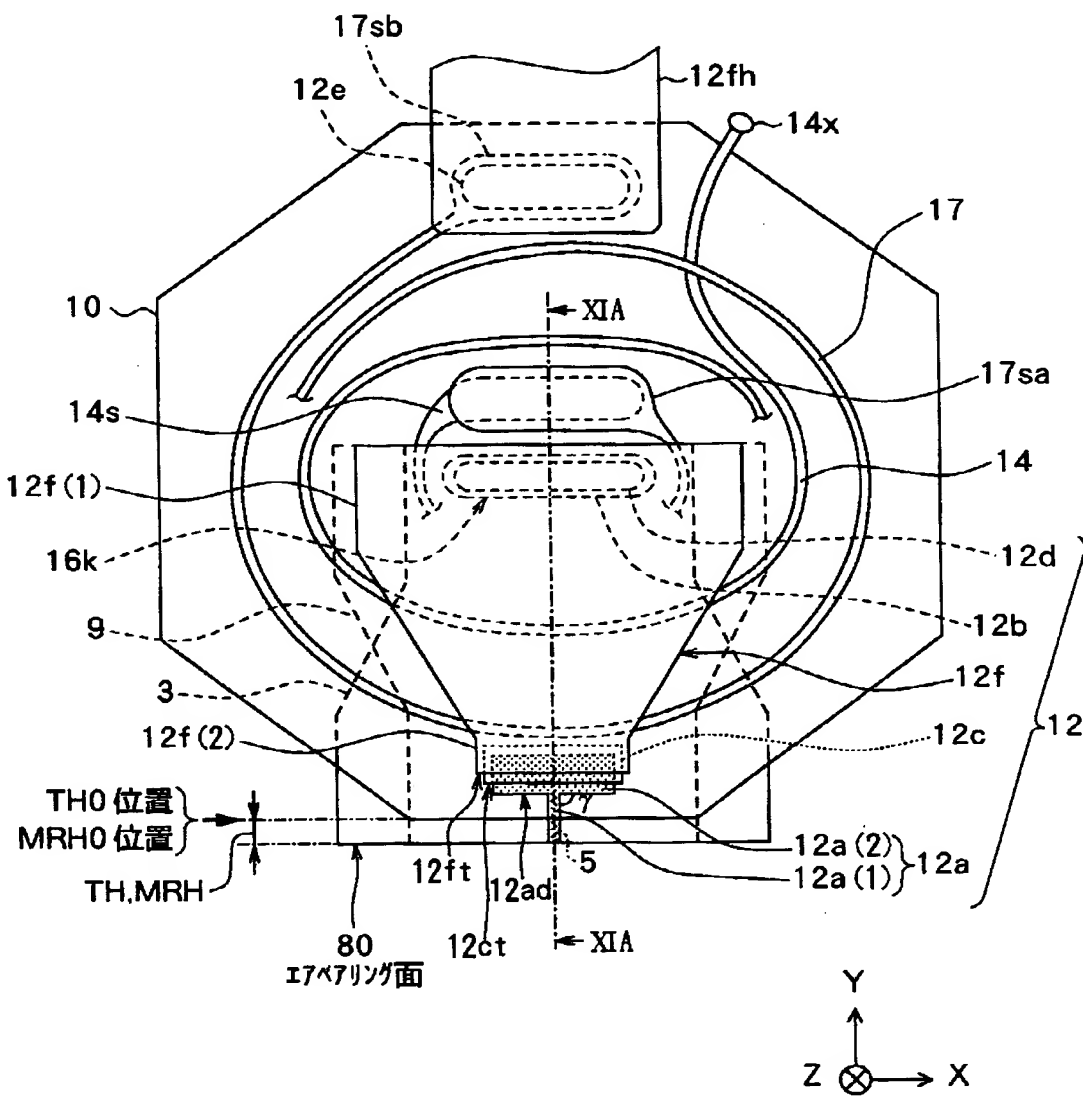
【図 17】



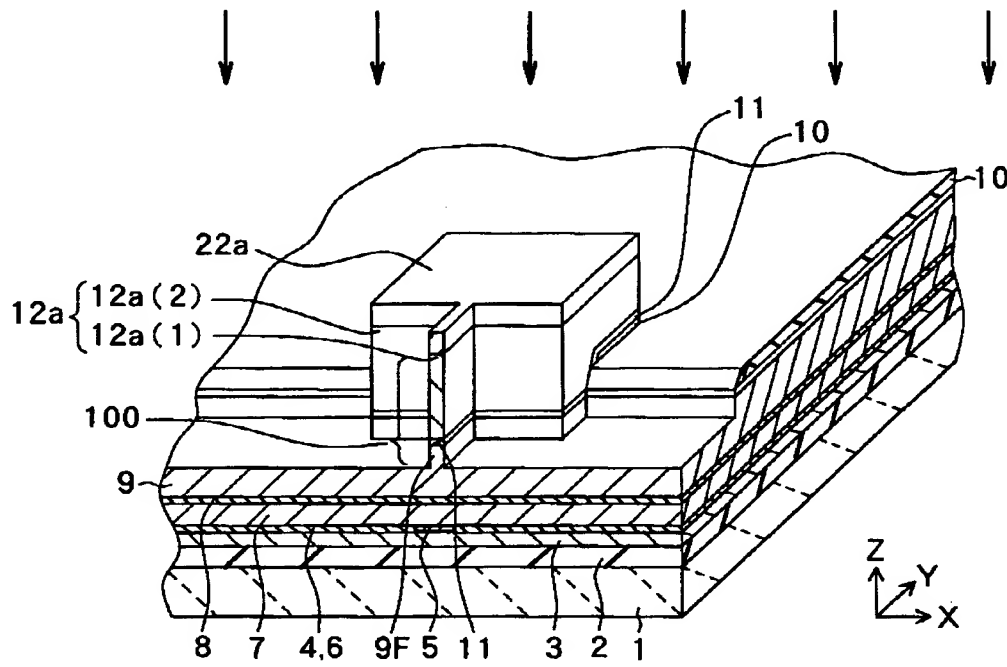
【図18】



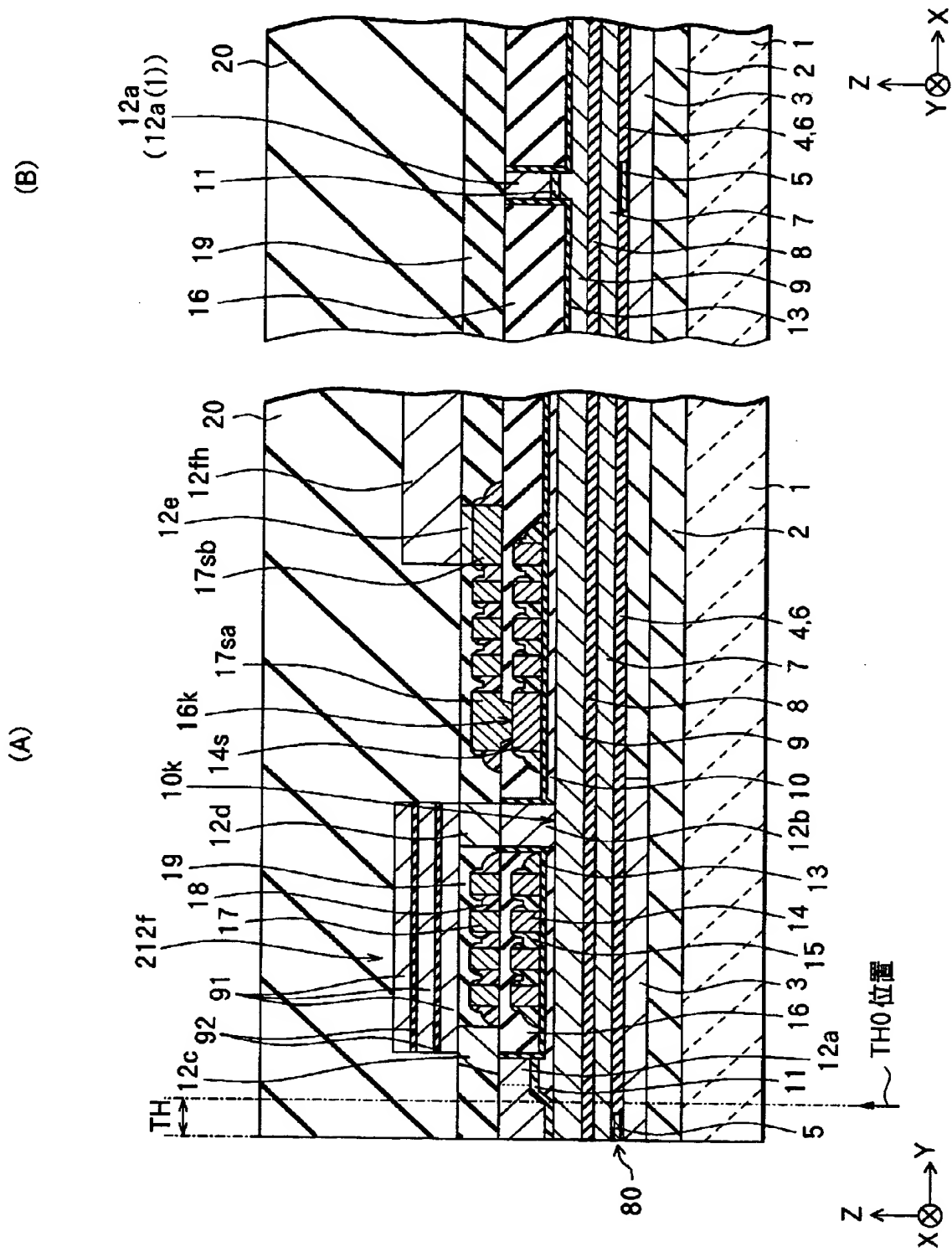
【図 19】



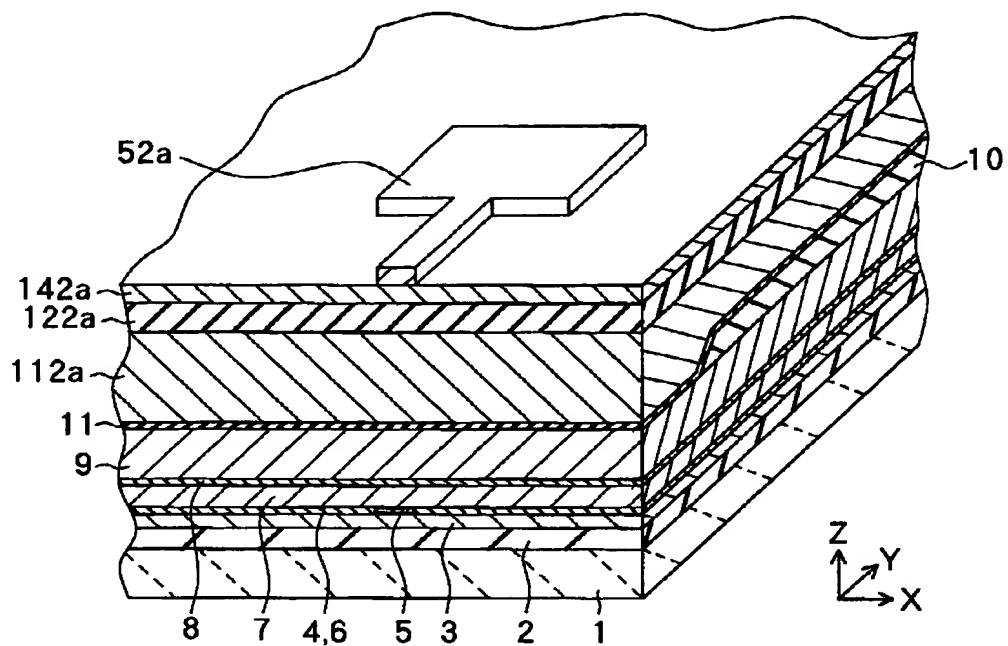
【図 20】



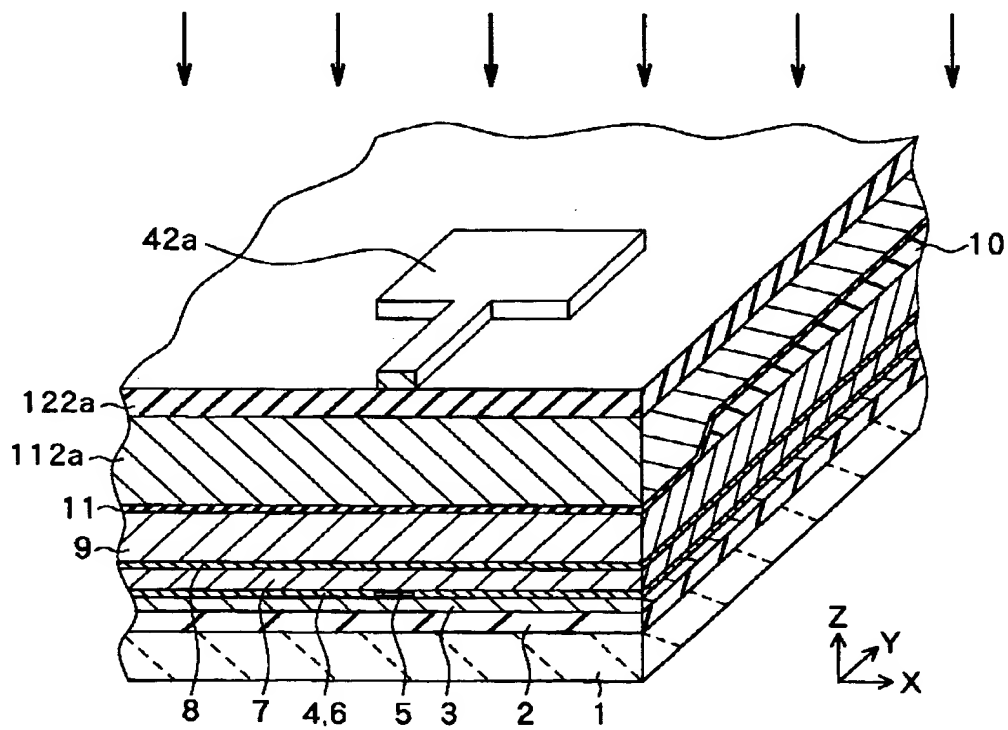
【図 21】



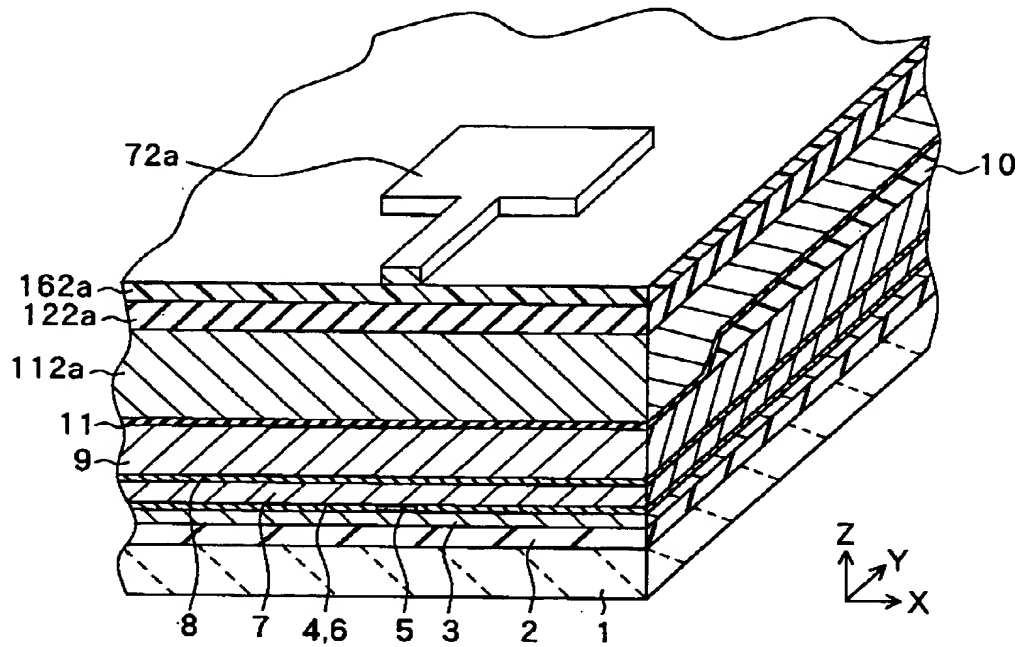
【図 2 2】



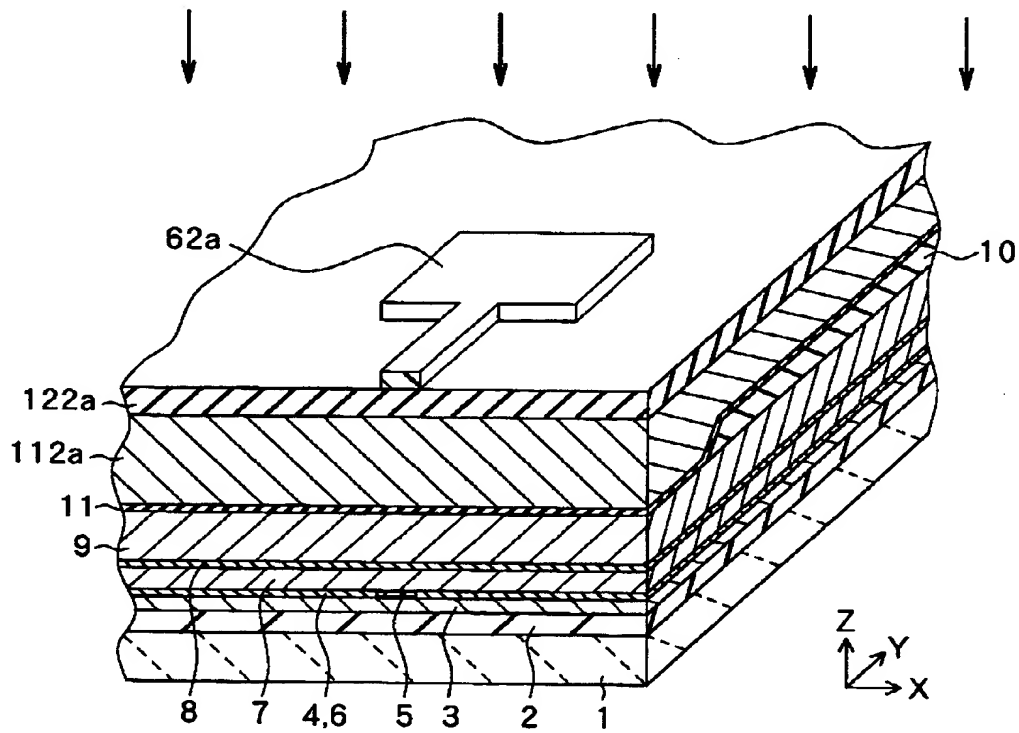
【図 2 3】



【図 24】



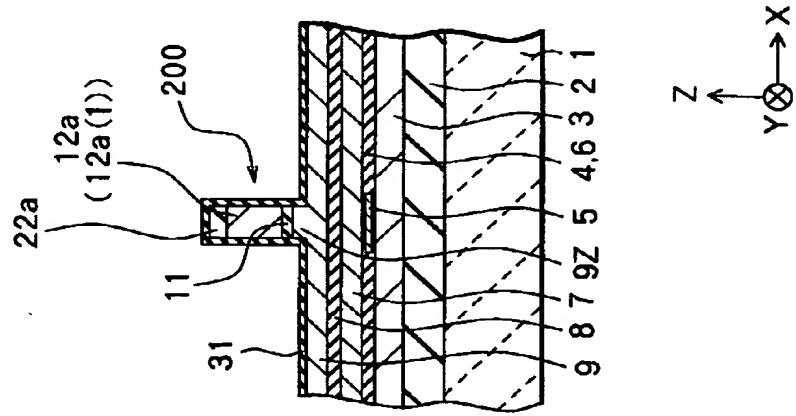
【図 25】



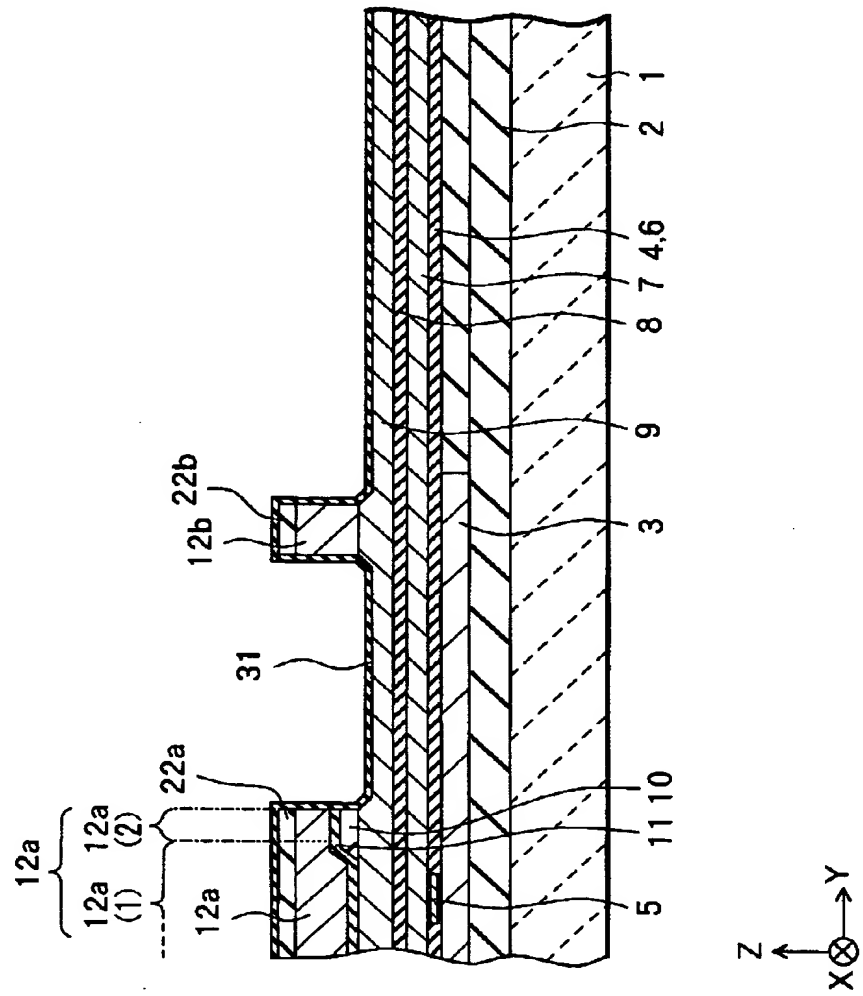


【図 26】

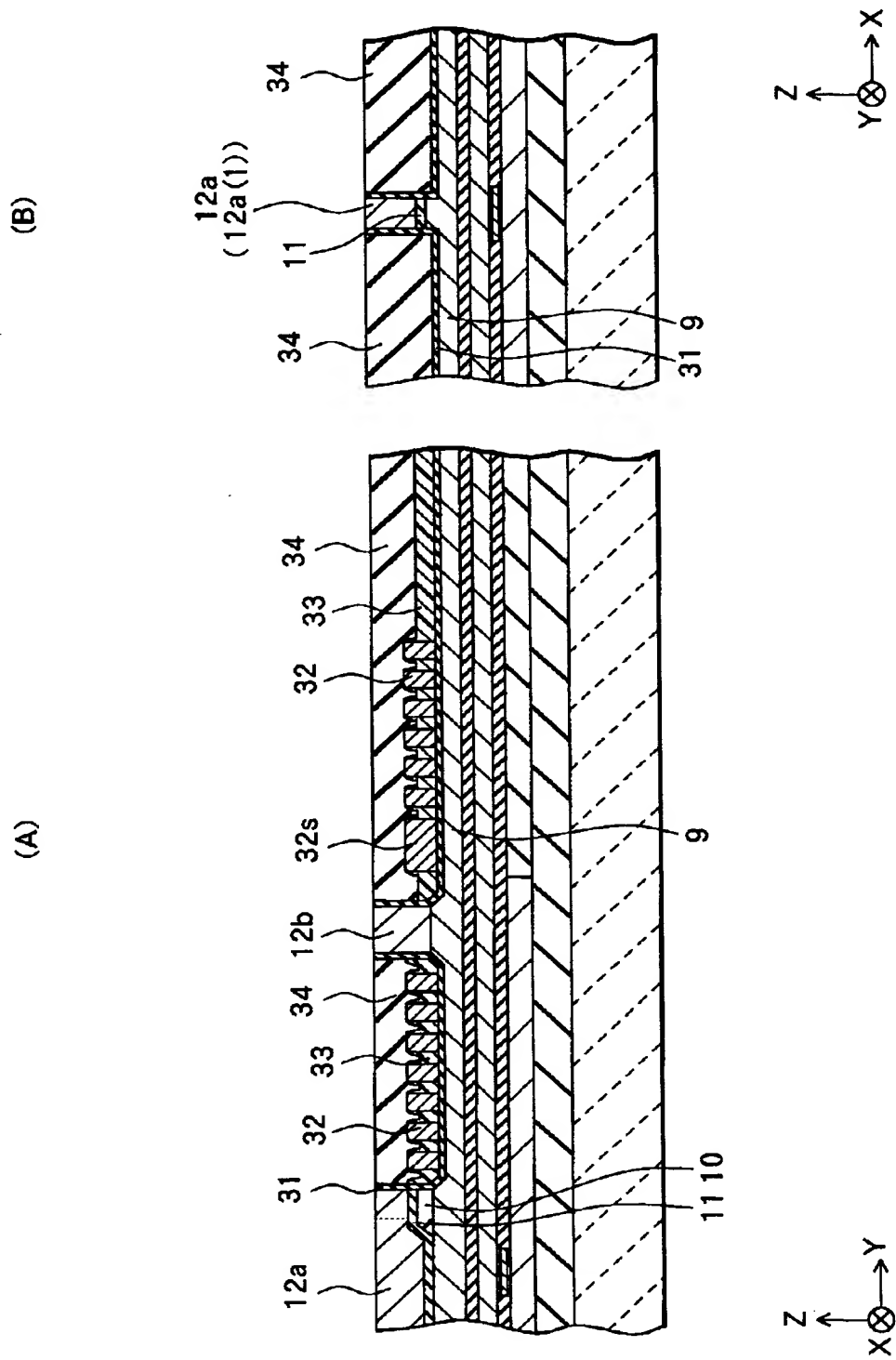
(B)



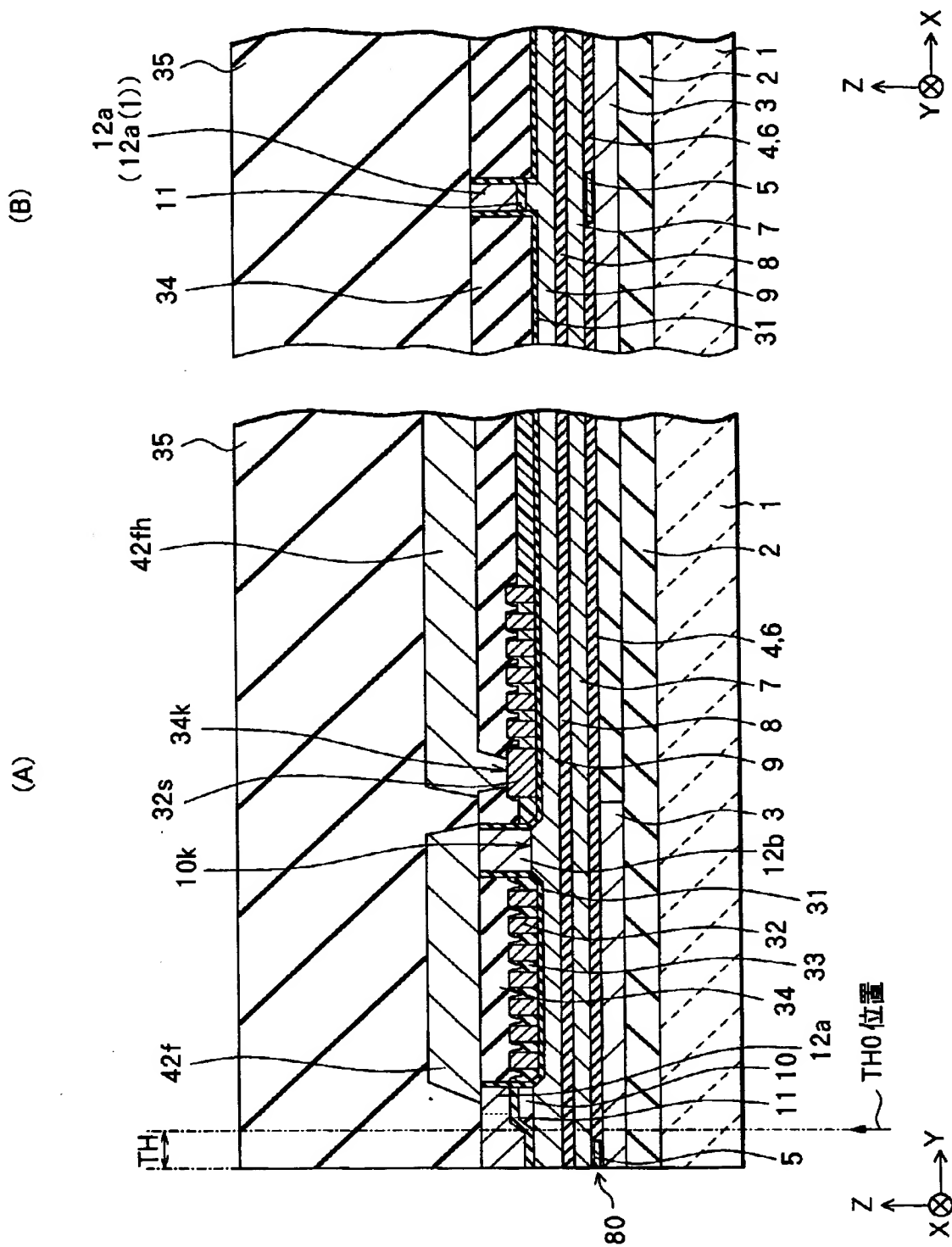
(A)



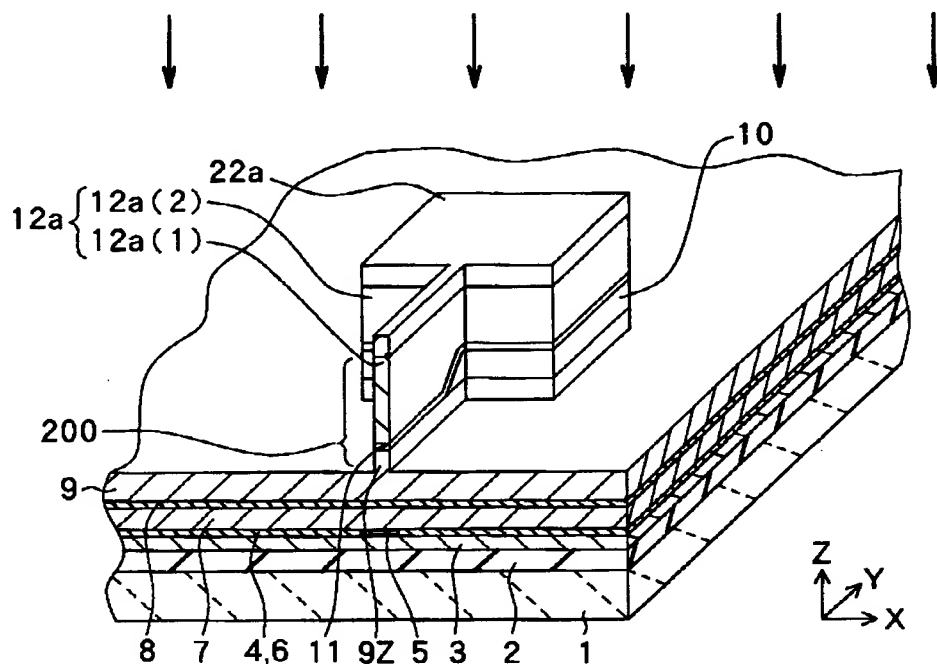
【図 27】



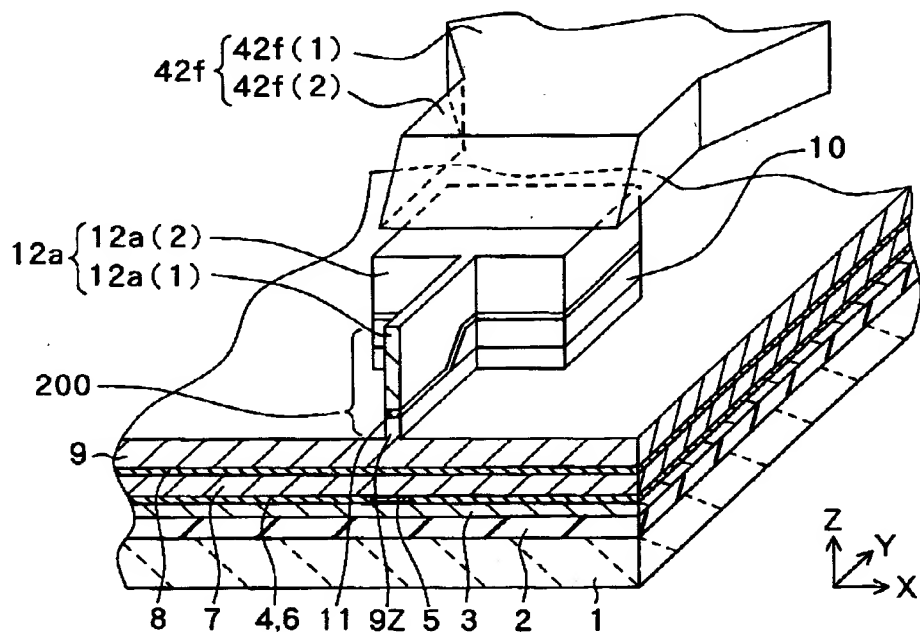
【図 28】



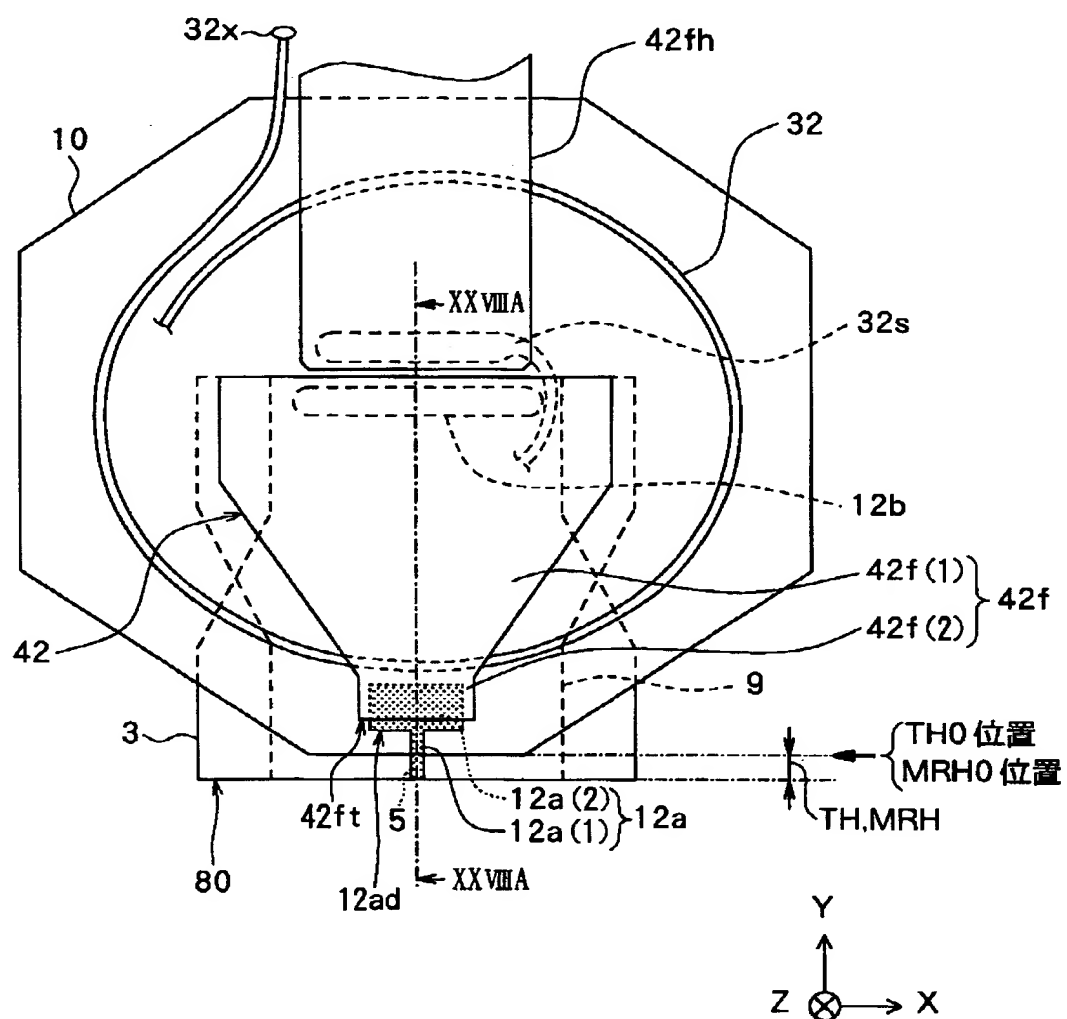
【図 29】



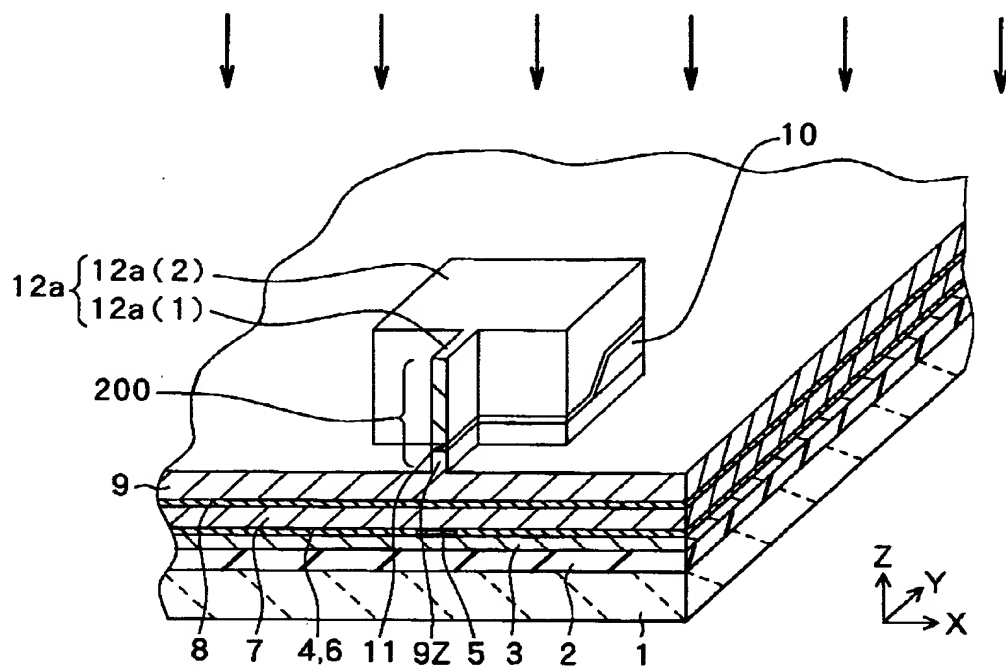
【図 30】



【図 3 1】

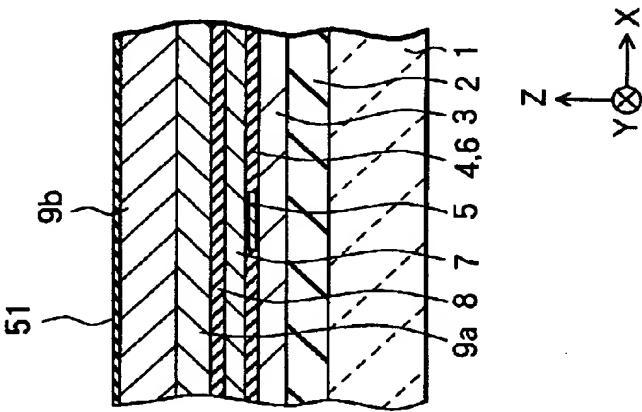


【図 3 2】

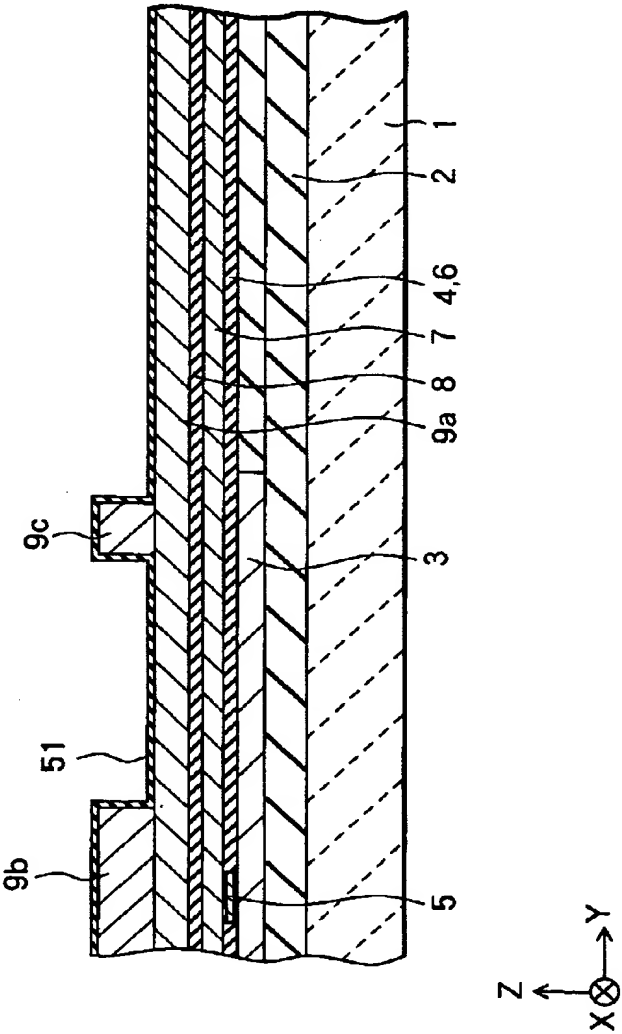


【図 33】

(B)

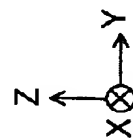
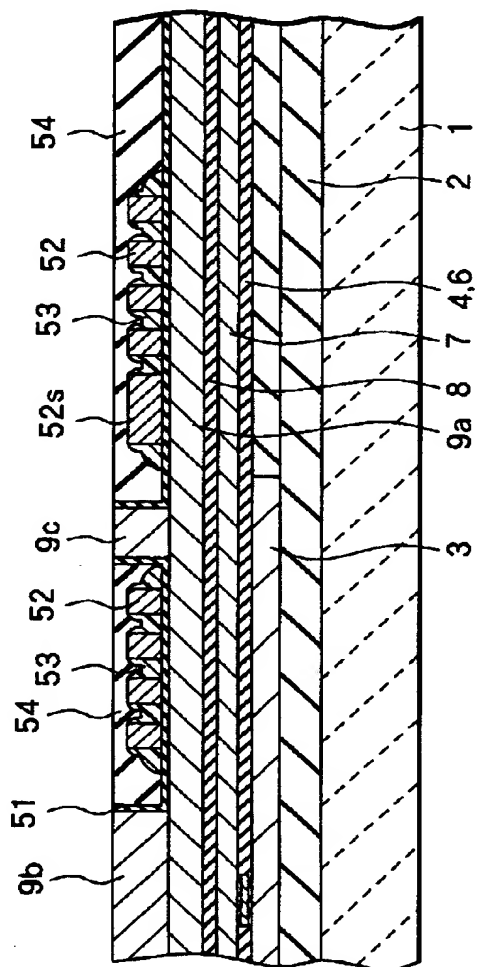


(A)

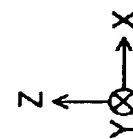
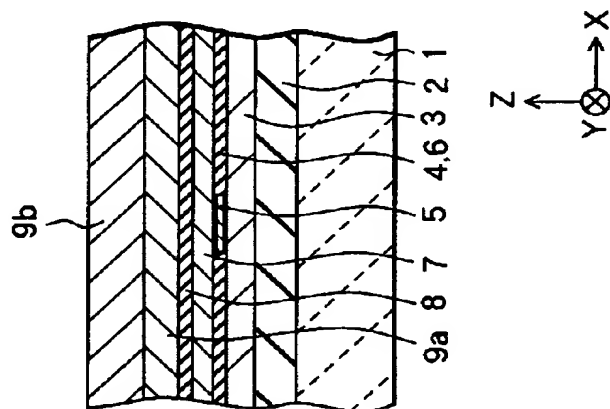


【図 34】

(A)

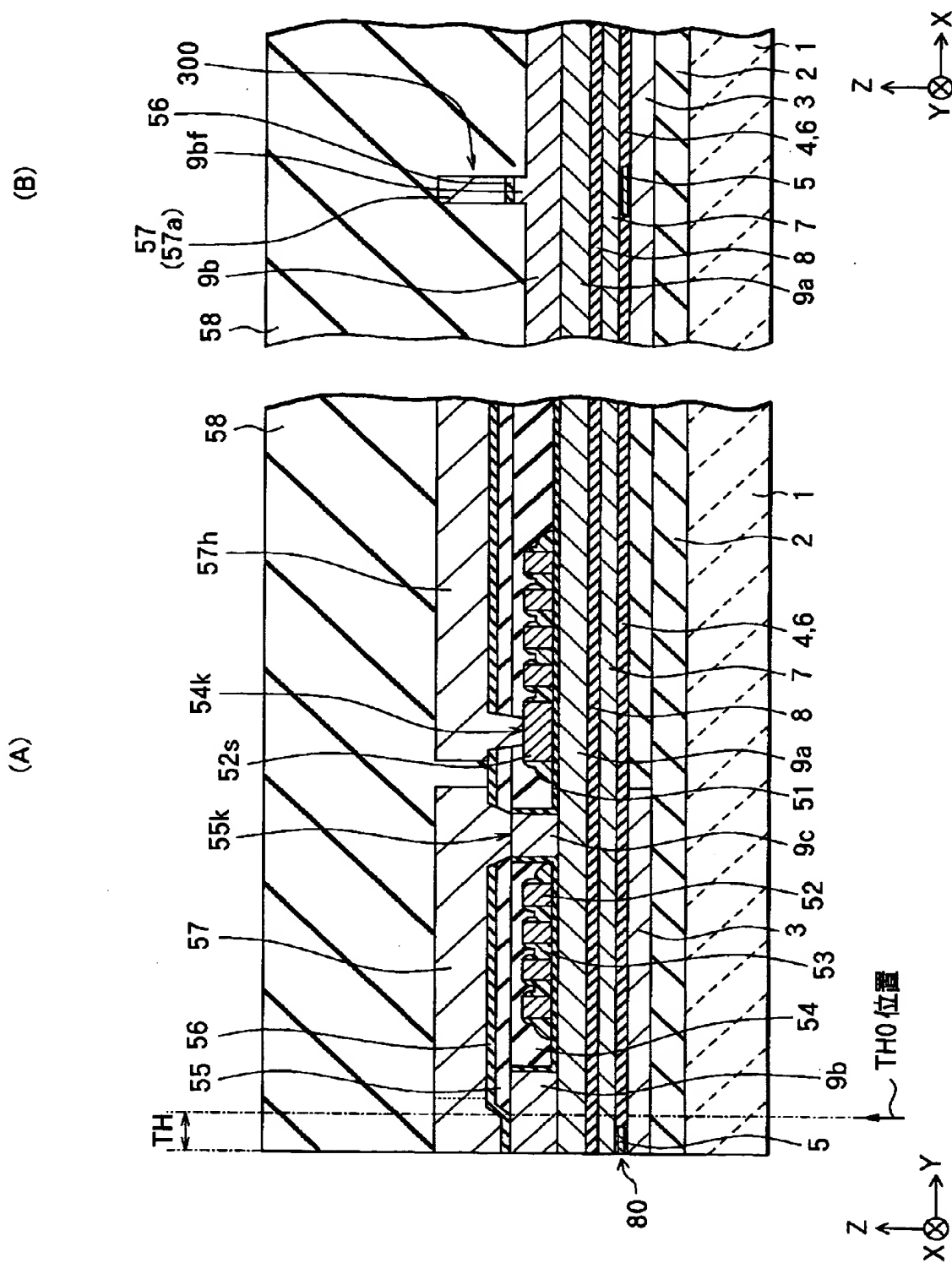


(B)

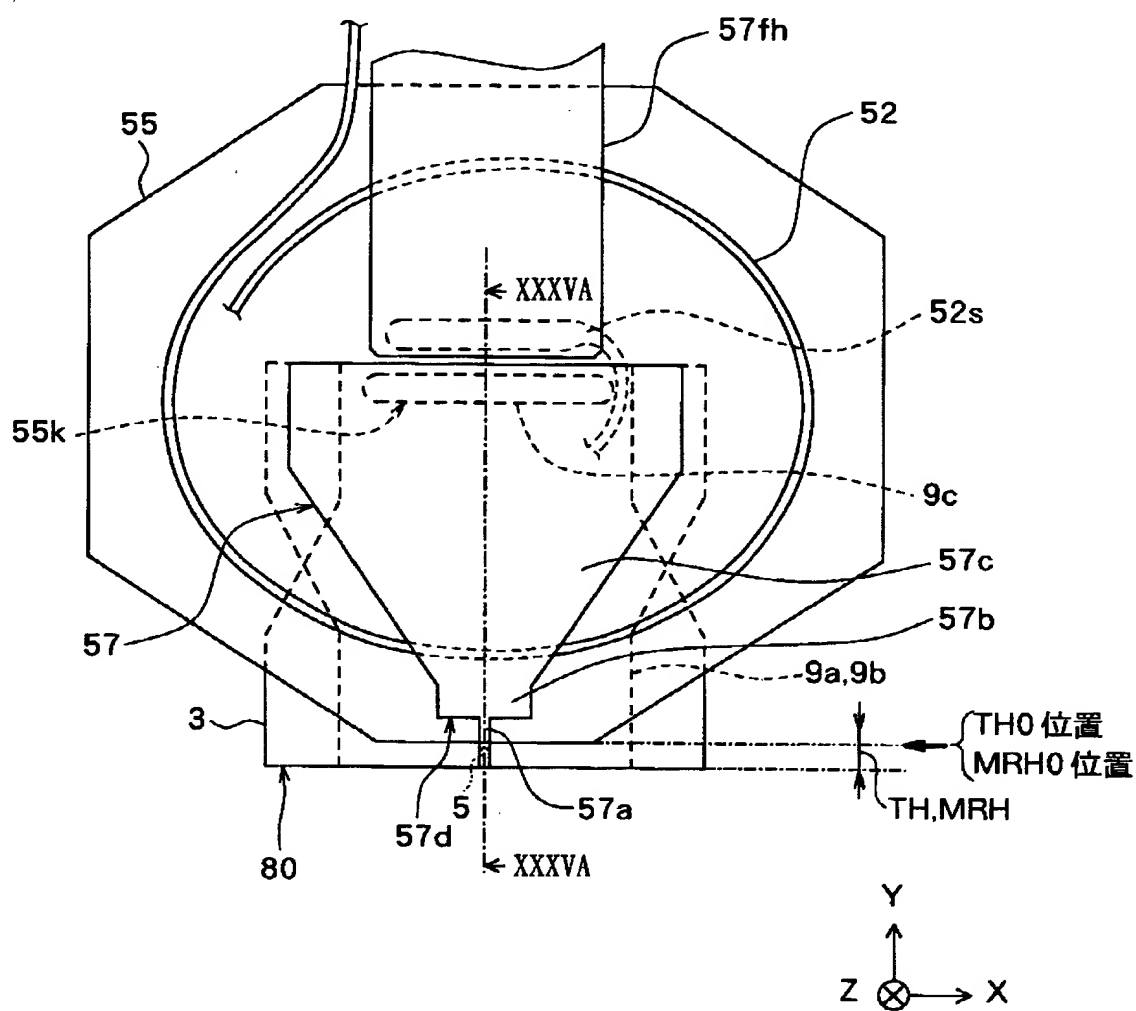




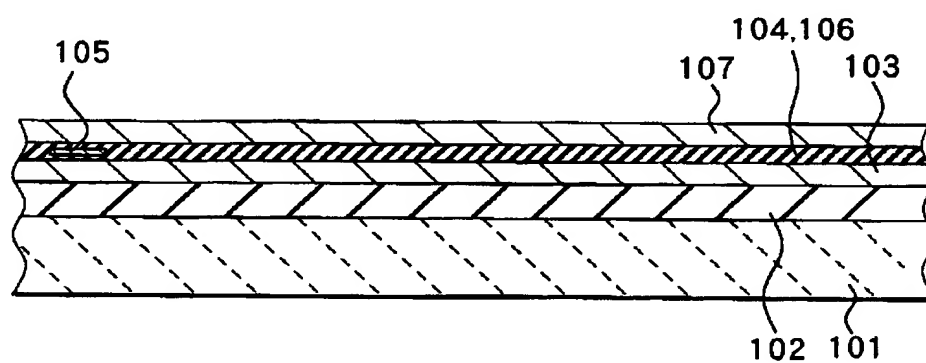
【図 3 5】



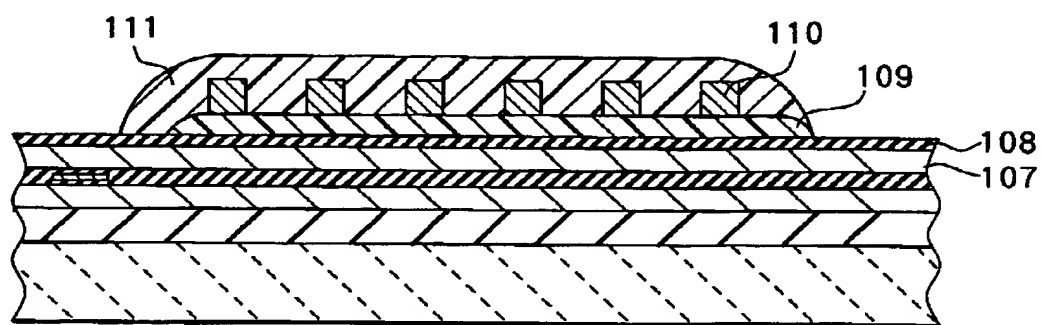
【図 36】



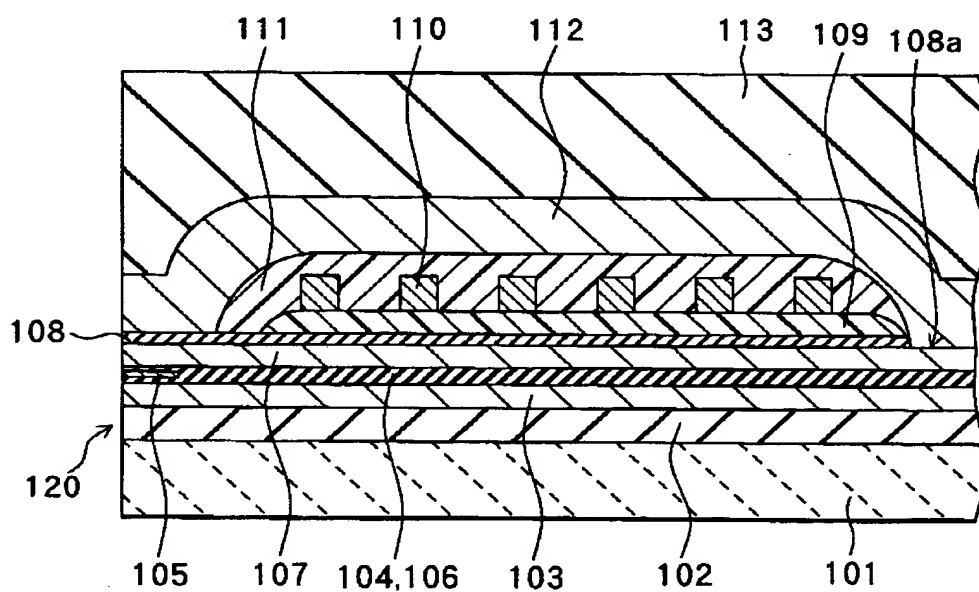
【図 37】



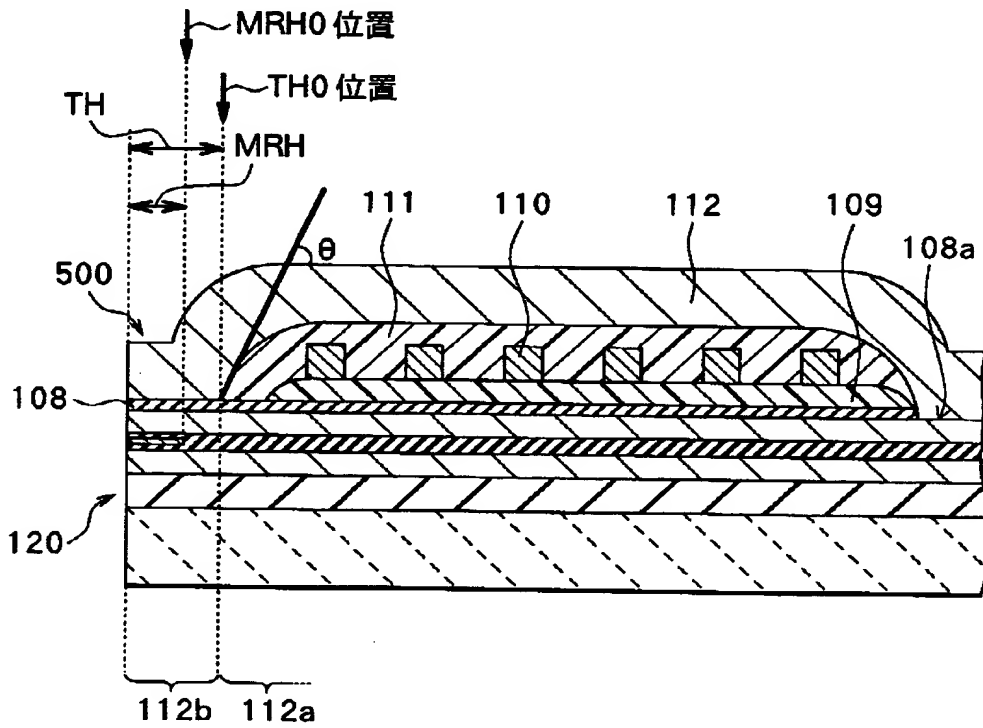
【図 38】



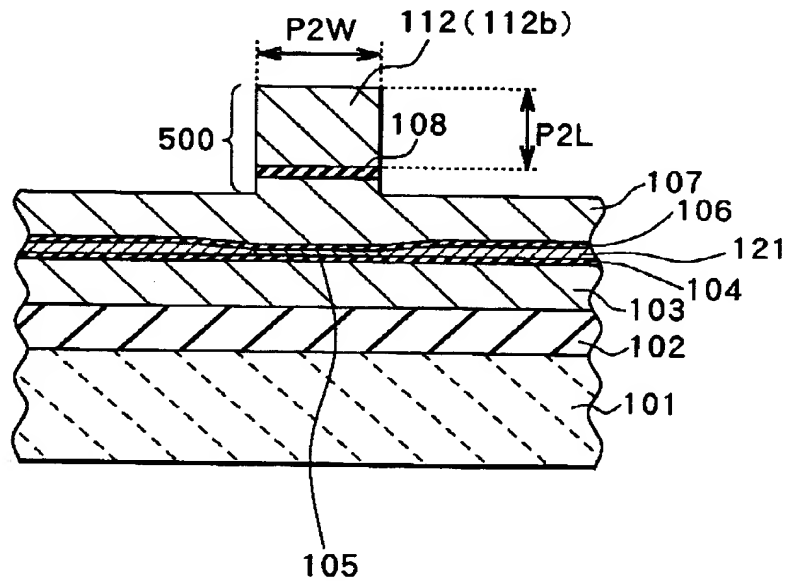
【図 39】



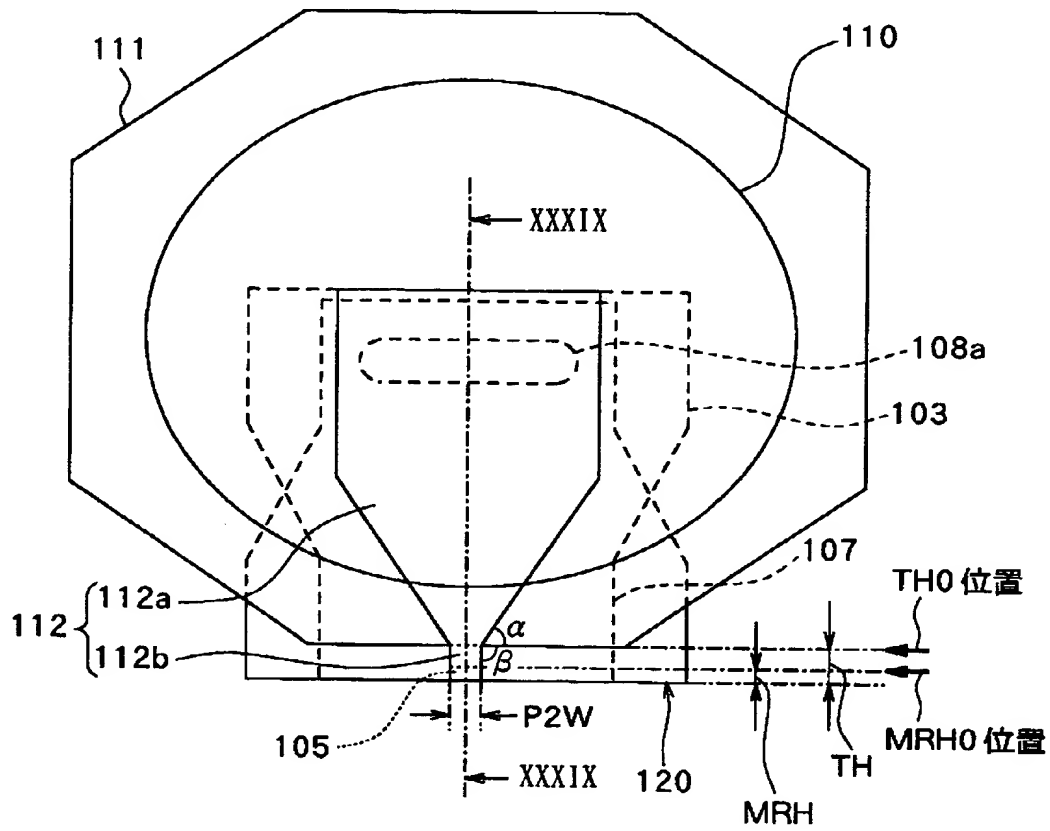
【図 4 0】



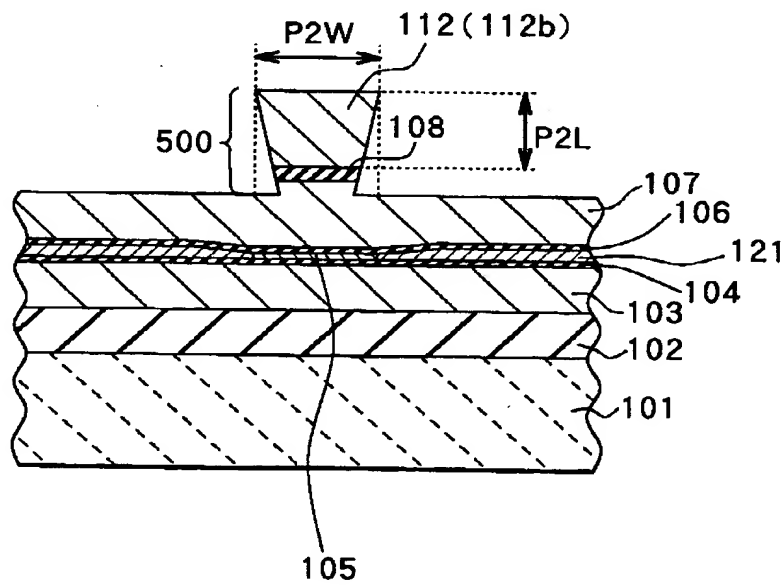
【図 4 1】



【図 4 2】



【図 4 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁極部分の形成を高精度かつ短時間で行うことを可能とする薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供する。

【解決手段】 アルミナ層をパターニングしてマスク前駆体を形成したのち、このマスク前駆体に対してイオンミリングによるエッチング処理を施して第1のマスク22aの形成する。この第1のマスク22aのうちの部分22a(1)の幅W2は、フォトリソグラフィ処理によって形成可能な最小パターン幅（約0.3  $\mu$ m程度）よりも小さくなる。このため、上記のようなエッチング処理を行うことにより、第1のマスク22aの部分22a(1)の幅を狭小化することができる。

【選択図】 図15

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-084756
受付番号	50005022826
書類名	特許願
担当官	高瀬 清士 7493
作成日	平成12年 3月30日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000003067
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
【氏名又は名称】	ティーディーケイ株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100109656
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	三反崎 泰司
----------	--------

【代理人】

【識別番号】	100098785
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	藤島 洋一郎
----------	--------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都中央区日本橋1丁目13番1号

氏 名 ティーディーケイ株式会社